

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



I.T.I. Electrónica industrial

Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática

Proyecto Fin de Carrera

**Soldadora eléctrica mediante materiales de reciclado
Cálculo de transformadores y diseño básico**

Autor: Javier Álvarez Ramírez

Tutor: Luis Enrique Moreno Lorente

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a Luis Enrique Moreno Lorente, nuestro tutor, la oportunidad de poder realizar este proyecto.

A mi novia, que me ha aguantado todos estos años de estudio y ha entendido mi dedicación a ello.

A mi familia por haber sido un punto de apoyo y una fuente inagotable de ánimo y aliento.

A mis amigos por hacerme desconectar cuando era necesario y a mis compañeros de universidad por hacer que estos años hayan sido muy enriquecedores.

A mis compañeros de trabajo y a mis jefes que me han dado la posibilidad de tener un horario flexible y poder compaginar una carrera profesional en ingeniería con la finalización de mis estudios.

A los distintos foros de electrónica y ciencia en general donde multitud de personas brindan sus conocimientos de forma desinteresada y sin otro propósito que el de la divulgación científica y técnica. Mención aparte a Jesús, miembro del foro Científicos Aficionados que nos dio el contacto con la empresa de reciclaje de la que obtuvimos numeroso material.

A la concejalía de medio ambiente del ayuntamiento de Pozuelo de Alarcón por permitirnos el acceso a los puntos limpios para recoger microondas, así como al personal del servicio de recogida de basuras del distrito de Carabanchel (Madrid) que también nos proporcionó un buen número de microondas.

Y, por último, a Pablo, mi compañero de proyecto, que fue quién me propuso la idea de realizar este PFC.

Gracias a todos.

1 INTRODUCCIÓN, MOTIVACIONES	6
1.1. ESTADO DEL ARTE	8
1.2. CONSIDERACIONES PREVIAS	9
2 ACOPIO DE MATERIALES	11
2.1. TRANSFORMADORES Y OTRO MATERIAL PROCEDENTE DE HORNOS MICROONDAS	11
2.1.1. MODIFICACION DE LOS TRANSFORMADORES	14
2.2. MATERIAL ELECTRÓNICO DE POTENCIA	19
2.3. ADQUISICIÓN RESPONSABLE DEL MATERIAL	19
3 TESTEO DEL MATERIAL.....	21
3.1. COMPONENTES PROCEDENTES DE MICROONDAS.....	21
3.1.1. TRANSFORMADOR	21
3.1.2. FUSIBLES DE POTENCIA	22
3.1.3. RESISTENCIA DE POTENCIA	22
3.2. COMPONENTES PROCEDENTES DE EQUIPOS DE ALIMENTACIÓN	23
3.2.1. MÓDULOS SCR	23
3.2.2. BATERÍAS DE CONDENSADORES	23
3.2.3. DIODOS DE POTENCIA	24
3.2.4. SENSOR DE CORRIENTE	24
3.3. OTROS COMPONENTES	26
3.4. COMPONENTES DE PRIMERA MANO.....	26
4 ASOCIACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES.....	27
4.1. ACOPLAMIENTO EN PARALELO DE TRANSFORMADORES	27
4.2. ASOCIACIÓN DE LOS PRIMARIOS EN PARALELO Y SECUNDARIOS EN SERIE	28
4.3. POTENCIA DISIPADA EN LOS TRANSFORMADORES.....	30
4.3.1. PÉRDIDAS EN EL HIERRO	30
4.3.2. PÉRDIDAS DEL COBRE	31
5 CONTROL DE POTENCIA:	33
5.1. CONTROL MEDIANTE CAMBIADOR DE TOMAS	33
5.2. CONTROL POR FLUJO MÁGNÉTICO.....	34
5.2.1. CONTROL POR DERIVACIÓN DEL FLUJO MAGNÉTICO:	34

5.2.2. CONTROL MEDIANTE DEVANADOS MOVIBLES:	35
5.2.3. CONTROL MEDIANTE SATURACIÓN DEL NÚCLEO:	35
5.3. REGULACIÓN DE ESTADO SÓLIDO	35
5.3.1. FUNCIONAMIENTO EN BUCLE ABIERTO: APROXIMACIONES HASTA EL DISEÑO FINAL	36
5.3.2. BLOQUE DE CONTROL	39
5.3.3. CONSIDERACIONES A LA HORA DEL MONTAJE:	50
6 CARACTERÍSTICAS GENERALES ELÉCTRICAS.....	51
6.1. BALANCE DE POTENCIA	51
6.2. RENDIMIENTO	52
7 ESTUDIO DE VIABILIDAD	53
7.1. INTRODUCCIÓN	53
7.2. OBJETIVO	53
7.3. OPORTUNIDAD DE NEGOCIO	53
7.4. ANÁLISIS DEL PRODUCTO.....	54
7.5. CANAL DE DISTRIBUCIÓN.....	54
7.6. ESTUDIO DE COSTES	54
7.7. PRECIO DE VENTA	56
7.8. CONCLUSIONES	58
8 SOLDADURA ELÉCTRICA: NORMAS DE SEGURIDAD	60
8.1. INTRODUCCIÓN	60
8.1.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	60
8.1.2. RIESGOS Y FACTORES DE RIESGO	62
8.2. SISTEMAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN.....	63
8.2.1. CONTACTOS ELÉCTRICOS DIRECTOS E INDIRECTOS	63
8.3. PROYECCIONES Y QUEMADURAS.....	67
8.4. EXPOSICIÓN A HUMOS Y GASES.....	67
8.5. INTOXICACIÓN POR FOSGENO	69
8.6. NORMAS DE SEGURIDAD.....	70
8.6.1. PUESTA A TIERRA	70
8.6.2. CONEXIONES Y CABLES	70

8.7. MONTAJE CORRECTO DEL PUESTO DE TRABAJO	71
8.7.1. RECOMENDACIONES	71
8.7.2. PROHIBICIONES	72
8.7.3. UTILIZACIÓN SEGURA DEL MATERIAL AUXILIAR DE SOLDADURA	73
8.8. EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	74
8.8.1. EQUIPO Y ROPA	74
8.8.2. NORMAS DE UTILIZACIÓN Y MANTENIMIENTO	74
8.9. MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DEL MATERIAL	75
9 PRESUPUESTO	76
10 CONCLUSIONES.....	77
11 BIBLIOGRAFÍA.....	78

1 INTRODUCCIÓN, MOTIVACIONES

Es común encontrar foros de ciencia en internet, donde la gente sin dinero ni medios, trata de satisfacer su enorme curiosidad por el mundo que nos rodea, demostrando que son capaces de hacer lo que se quiera sin mayor impedimento que lo fuerte que uno se esfuerce, llegando a crear máquinas de lo más dispares, desde fusores, bobinas tesla, espectrómetros de masas, experimentos con alta tensión, campanas de vacío...la lista es sin duda interminable. El objetivo no es otro que tratar de realizar proyectos fieles a la filosofía "Hazlo tú mismo" (DIY, do it yourself).

Una dificultad común a todos es la precariedad de las herramientas que se disponen, así es común encontrar apartados para la fabricación de las herramientas que en un futuro servirán para llevar a cabo cualquier proyecto. Una de ellas es la soldadora de arco, un instrumento fundamental en cualquier taller y por desgracia tremendamente caro si buscamos unas características medianamente aceptables. Así pues son muchas las razones por las que hacer un proyecto de este tipo:

- Ahorrar dinero.
- Reciclar.
- Necesitar una herramienta útil.
- Como proyecto de investigación y aprendizaje

Existen muchos tipos de soldadura, pero la más versátil y extendida sin duda es la soldadura de arco eléctrico de electrodo revestido, no obstante desde un punto de vista eléctrico a fin de construir la fuente de alimentación, todas ellas son muy similares. La característica más importante de la soldadura con electrodos revestidos, en inglés Shield Metal Arc Welding (SMAW) o Manual Metal Arc Welding (MMAW), es que el arco eléctrico se produce entre la pieza y un electrodo metálico recubierto. El recubrimiento protege el interior del electrodo hasta el momento de la fusión. Con el calor del arco, el extremo del electrodo funde y se quema el recubrimiento, de modo que se obtiene la atmósfera adecuada para que se produzca la transferencia de metal fundido desde el núcleo del electrodo hasta el baño de fusión en el material base.

Estas gotas de metal fundido caen recubiertas de escoria fundida procedente de la fusión del recubrimiento del arco. La escoria flota en la superficie y forma, por encima del cordón de soldadura, una capa protectora del metal fundido.

Como son los propios electrodos los que aportan el flujo de metal fundido, será necesario reponerlos cuando se desgasten. Los electrodos están compuestos de dos piezas: el alma y el revestimiento.

El alma o varilla es alambre (de diámetro original 5.5 mm) que se comercializa en rollos continuos. Tras obtener el material, el fabricante lo decapa mecánicamente (a fin de eliminar el óxido y aumentar la pureza) y posteriormente lo trefila para reducir su diámetro.

El revestimiento se produce mediante la combinación de una gran variedad de elementos (minerales varios, celulosa, mármol, aleaciones, etc.) convenientemente seleccionados y probados por los fabricantes, que mantienen el proceso, cantidades y dosificaciones en riguroso secreto. La composición y clasificación de cada tipo de elec-

trodo está regulada por AWS (American Welding Society), organismo de referencia mundial en el ámbito de la soldadura, estándares incorporados al conjunto de normas del organismo regulador IEC (IEC 60974-3 ed2.0).

Este tipo de soldaduras pueden ser efectuados bajo corriente tanto continua como alterna. En corriente continua el arco es más estable y fácil de encender y las salpicaduras son poco frecuentes; en cambio, el método es poco eficaz con soldaduras de piezas gruesas. La corriente alterna posibilita el uso de electrodos de mayor diámetro, con lo que el rendimiento a mayor escala también aumenta. En cualquier caso, las intensidades de corriente oscilan entre 10 y 500 amperios.

El factor principal que hace de este proceso de soldadura un método tan útil es su simplicidad y, por tanto, su bajo precio. A pesar de la gran variedad de procesos de soldadura disponibles, la soldadura con electrodo revestido no ha sido desplazada del mercado. La sencillez hace de ella un procedimiento práctico; todo lo que necesita un soldador para trabajar es una fuente de alimentación, cables, un portaelectrodo y electrodos. El soldador no tiene que estar junto a la fuente y no hay necesidad de utilizar gases comprimidos como protección. El procedimiento es excelente para trabajos, reparación, fabricación y construcción. Además, la soldadura SMAW es muy versátil. Su campo de aplicaciones es enorme: casi todos los trabajos de pequeña y mediana soldadura de taller se efectúan con electrodo revestido; se puede soldar metal de casi cualquier espesor y se pueden hacer uniones de cualquier tipo.

Sin embargo, el procedimiento de soldadura con electrodo revestido no se presta para su automatización o semiautomatización; su aplicación es esencialmente manual. La longitud de los electrodos es relativamente corta: de 230 a 700 mm. Por tanto, es un proceso principalmente para soldadura a pequeña escala. El soldador tiene que interrumpir el trabajo a intervalos regulares para cambiar el electrodo y debe limpiar el punto de inicio antes de empezar a usar electrodo nuevo. Sin embargo, aun con todo este tiempo muerto y de preparación, un soldador eficiente puede ser muy productivo.

Es por ello que suele ser un tema recurrente en los temas de los foros de ciencia, blogs e internet en general: Intentar conseguir una soldadora de arco que proporcione buenos resultados y por el menor precio posible. Sería complicado decir a quien se le ocurrió, ya que la idea está extendida ampliamente por toda la red.

En este proyecto no se tiene la intención de repetir sin más lo que otros han hecho, si no de llevarlo a cabo desde un punto de vista más técnico, aportando ciertas mejoras que la conviertan en una soldadora de gama alta. La idea fundamental trata de reutilizar como componentes fundamentales los transformadores que utilizan los hornos microondas. Estos utilizan unos transformadores de potencias que pueden oscilar desde los 800w hasta los 1500w, con un primario alimentado a 220 V y con dos secundarios, uno que suministra 3,5 V y otro que suministra 2000 V. Estos dos secundarios habrá que modificarlos antes de usarlos en la soldadora. Pero, ¿por qué limitarse a reutilizar los transformadores de los microondas? Lo que hace tan particulares a los transformadores procedentes de microondas, es su elevada potencia, y facilidad de modificación. En cambio, en general las potencias que suelen utilizar los transformadores de otro tipo de aparatos son muy pequeñas, y suelen tener los devanados bobinados concéntricos o en disposiciones que complican su modificación.

El esquema básico que desarrollaremos en el proyecto es:

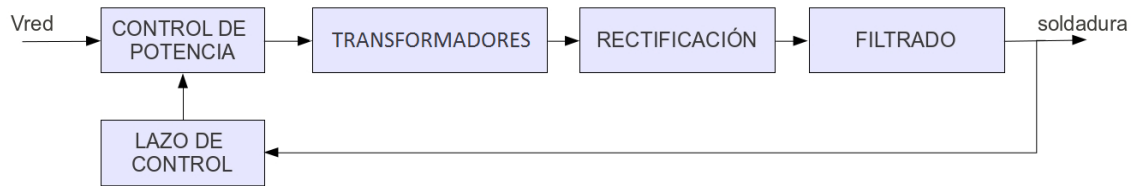


Diagrama de bloques de la soldadora

A medida que avanzamos en el proyecto nos fuimos dando cuenta de la posibilidades que ofrecía el reciclaje y reutilizado de este tipo de materiales y vimos que sería una buena opción para exportar a países en vías de desarrollo, desde una perspectiva de acción social por lo que acabamos estudiando la viabilidad económica de la recuperación de material eléctrico y la posible venta de productos como el que se ha fabricado en el presente proyecto. En cualquier caso el estudio de la viabilidad económica se ha realizado con la idea de poner en marcha proyectos de cooperación, en lugar de un proyecto empresarial propiamente dicho.

1.1. ESTADO DEL ARTE

Se han realizado montajes como soldadoras por puntos, con transformadores de microondas, montajes por toda la red que incluyen soldadoras desde lo más básico con una regulación del tipo todo o nada, hasta control en lazo abierto mediante tiristores. Existen videos tutoriales, y en general mucha información.

El problema es que esta información a menudo está dispuesta y modificada para usarla como manuales de construcción, donde hacen un paso a paso para construirlas por gente sin ningún tipo de conocimiento; además no suelen estar profundamente razonados careciendo a menudo de cualquier justificación técnica. Esta situación genera que incluso las personas que ya han hecho una soldadora sin tener los conocimientos, reescriban un manual, añadiendo las modificaciones que en la práctica les ha parecido que daban mejor resultado, de nuevo sin ningún tipo de justificación técnica; pudiendo repercutir en errores de diseño, averías, haciéndolos poco fiables o incluso peligrosos, todo ello por no sopesar correctamente todas las implicaciones de su diseño.

Así pues supone tremendamente engorroso intentar encontrar algún tipo de justificación teórica a cada uno de las etapas de la construcción; otra consecuencia dado el fin para el que están hechos este tipo de manuales, que es ser utilizados por cualquier persona con o sin conocimientos sobre electricidad, el funcionamiento de estos equipos suele ser algo básico y rudimentario. Todo esto son las consecuencias de hacer un documento accesible para todo el mundo.

Es entonces donde entra en escena este proyecto, donde se tratará de construir desde cero una soldadora eléctrica mediante materiales reciclados, donde se analizarán todos los aspectos del equipo de soldadura; otorgándole unas ca-

racterísticas eléctricas más precisas y tecnificadas que repercutan en un funcionamiento más preciso.

1.2. CONSIDERACIONES PREVIAS

Antes de nada tenemos que analizar donde va a ser conectado, estos equipos manejan potencias muy elevadas, y debemos estar seguros de que la instalación donde lo vayamos a utilizar es capaz de manejar dicha corriente. Tanto las tomas de corriente como los cables han de estar preparados para una potencia superior a la que vayamos a utilizar.

Conociendo nuestras limitaciones entonces podremos empezar a decidir qué potencia será capaz de manejar nuestra soldadora, que definirá la máxima corriente de trabajo y por tanto el grosor de las piezas a soldar en diferentes materiales. Para hallar la potencia que debemos utilizar para alcanzar la corriente máxima de trabajo debemos utilizar la siguiente fórmula:

$$P = \frac{V_{arco} \times I_{m\acute{a}x}}{\eta \times \cos \Phi}$$

Donde:

P es la potencia que deberá satisfacer la instalación.

V_{arco} es la tensión de trabajo del arco voltaico, que en la práctica ronda los 21V.

I_{max} es la corriente máxima con la que querremos soldar.

η es el rendimiento de la soldadora que típicamente es del 50.

$\cos \Phi$ es el factor de potencia de la soldadora que suele tener valores muy cercanos a 0,7.

Así pues si quisiéramos una soldadora que fuera capaz de soldar con 100A, veríamos que la potencia de nuestra instalación debe poder soportar una potencia de aproximadamente 6000 W que según la fórmula.

$$P = V \times I$$

En una instalación con una alimentación de 220V eficaces supone una corriente de unos 27A, lo que supondría que la instalación debería utilizar un cable de una sección de al menos 6 mm² según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su Anexo II, Tabla X:

	Bajo tubo o conducto (4)				
	Un solo cable			Varios cables	
Sección nominal	1	1	1	2	3
mm ² (5)	Unipolar (2)	Bipolar	Tripolar (1)	Unipolares	Unipolares (3)
0.5	7	5	4.5	5.5	5
0.75	9	7	6	7.5	6.5
1	12	8.5	7.5	9.5	8.5
1.5	15	12	10	12	11
2.5	21	16	14	17	15
4	28	22	19	23	20
6	34	28	24	29	26
10	49	38	34	40	36
16	64	51	44	54	48
25	85	68	59	71	64
35	110	83	72	88	78
50	130	98	85	110	95
70	160	118	100	135	120
95	200	140	120	165	145
120	230	-	-	190	170
150	265	-	-	220	195

*Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre aislados con goma, o con policloruro de vinilo.
(Servicio permanente) Temperatura ambiente 40°C*

En el presente proyecto se han tomado estos 100A como punto de partida, no obstante no tiene mucha importancia desde el punto de vista del diseñador, ya que todo el sistema es escalable y además dado el origen de los materiales obtenidos las potencias que seríamos capaces de manejar son del orden de 3 veces superior, y aún estaríamos trabajando con cierto margen.

Otra de las características a tener en cuenta es el ciclo de trabajo, dato que se da en porcentaje de operatividad basados en ciclos de 10 minutos, así un soldadora con un ciclo de trabajo del 50% resulta en 5 minutos de uso y 5 minutos de descanso. Dado que vamos a conservar los ventiladores de los microondas, podemos seguir asegurando el ciclo de trabajo de éstos, que es de 30 minutos, no obstante colocaremos cortacorrientes térmicos por si la temperatura superara los límites que aseguran la integridad de la soldadora.

2 ACOPIO DE MATERIALES

Los materiales principales que son necesarios para la construcción de la soldadora son, a modo de resumen, los siguientes:

- Transformadores de hornos microondas.
- Fusibles de 30 a 50 amperios, así como los originales en primarios que utilicen los transformadores, con sus portafusibles.
- Ventiladores para la refrigeración forzada.
- Terminal para toma de corriente.
- Conectores eléctricos de todo tipo, clemas, conectores Faston...
- Batería de condensadores.
- Rectificadores.
- Módulos SCR.
- Electrónica de control.
- Interruptores térmicos.
- Cables de todo tipo ya sea de alta corriente o de instrumentación.
- Componentes de electrónica en general, como resistencias, condensadores...
- Pinza de masa.
- Portaelectrodos.
- Electródos.

2.1. TRANSFORMADORES Y OTRO MATERIAL PROCEDENTE DE HORNOS MICROONDAS

Nuestra primera prioridad era conseguir los transformadores, así que para ello hablamos con tiendas de reparación de electrodomésticos, hipermercados, puntos limpios, pusimos anuncios en periódicos y en tablones online, advertimos a familiares, amigos...con la intención de conseguir hornos microondas que fueran a tirarse.

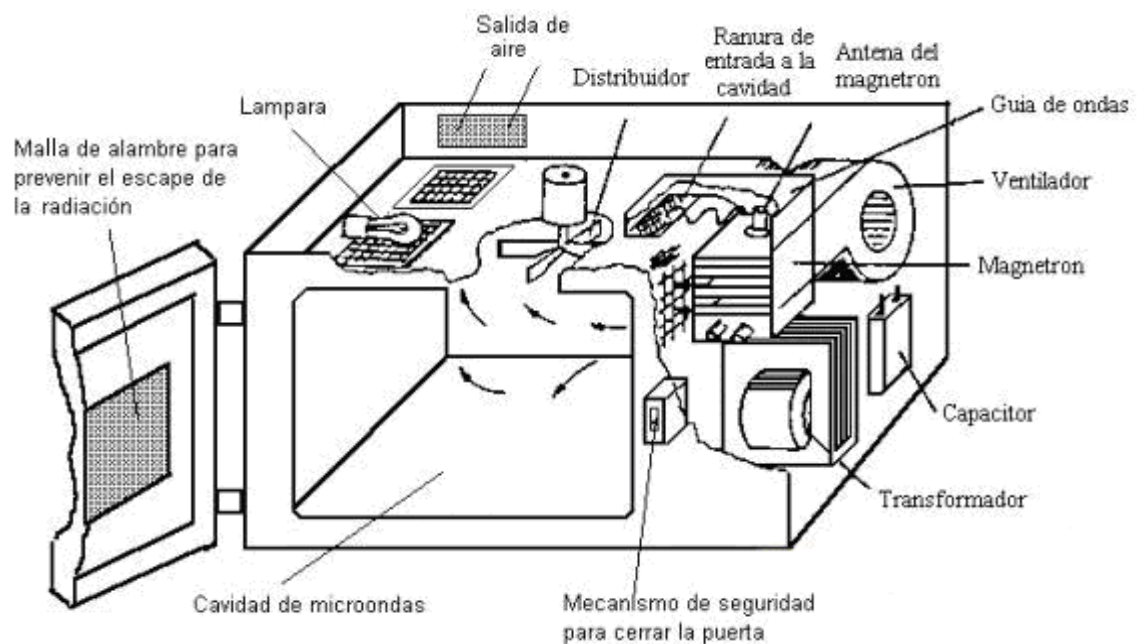
De todas estas opciones la que mejor resultado dio fue la de tratar con el punto limpio, concretamente con el ayuntamiento de Pozuelo de Alarcón quienes al conocer las razones nos ayudaron otorgándonos permiso para recoger materiales del punto limpio. Fue así como conseguimos la mayoría de hornos microon-

das, aunque también dio buen resultado el boca a boca de la gente y el anuncio en Internet.

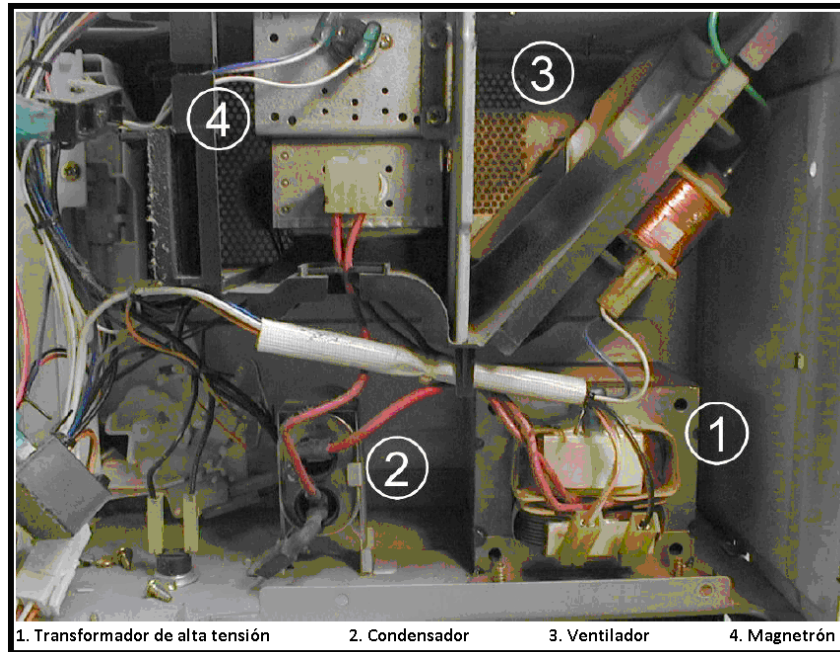
De esta manera conseguimos alrededor de 20 microondas en muy poco tiempo (alrededor de 2 semanas), un número mucho mayor al necesitado, pero debido a que se trataban de material usado, y por tener material de repuesto se extrajo todo el material interesante de ellos.

La manera general de proceder a coger las partes importantes del microondas era desmontándolos en el mismo lugar donde se recogían, llevando nuestras herramientas propias, sabiendo lo que se busca y siendo rápido podía cogerse todo lo útil del microondas en menos de 1 minuto. Para realizar este tipo de trabajo se recomienda llevar destornilladores de estrella y plano, tenazas, alicates, cortafíos, martillo, y llave inglesa, mono de trabajo o ropa cómoda (hay que recordar que estos entornos no son especialmente limpios) así como necesario llevar guantes y gafas de seguridad (ver apartado 7)

Primero se quita la carcasa metálica, la cual suele ir atornillada con 4 tornillos, que a menudo con unas tenazas o algún elemento para hacer palanca se suele quitar más rápido, entonces ya tenemos la mayoría de componentes a la vista:



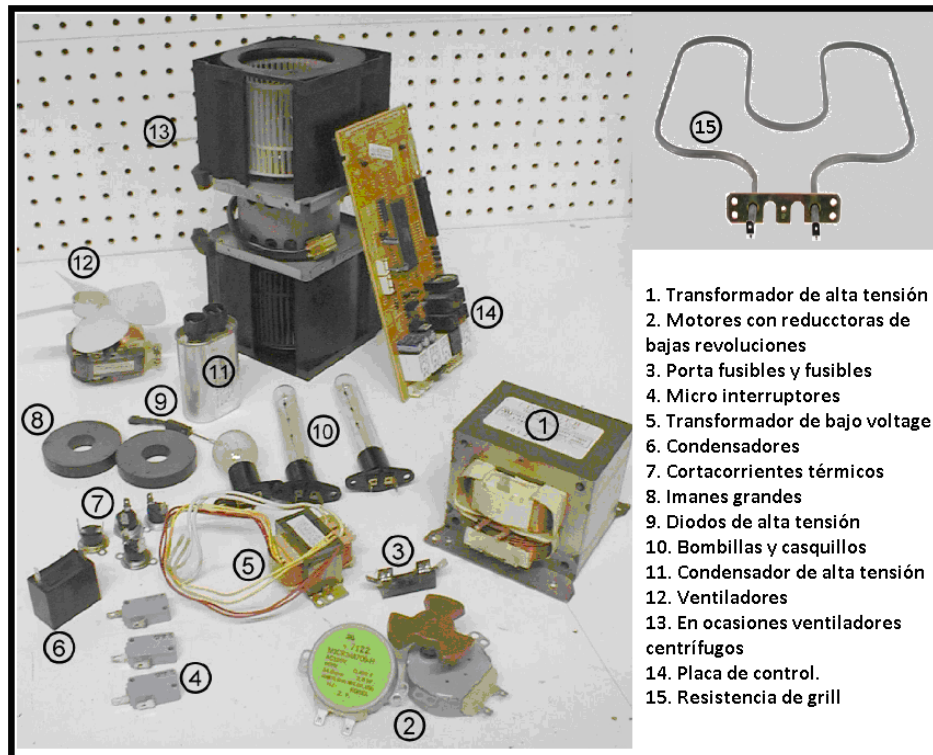
Representación esquemática de un microondas



Vista lateral del interior del microondas.

Una gran ventaja de los microondas es que su distribución interior es muy similar entre las distintas marcas, así como la forma y tamaño de los componentes principales facilitan enormemente la identificación de los componentes.

Antes de retirar ningún componente se debe primero descargar el condensador de alta cortocircuitando los terminales, nunca hemos encontrado uno cargado, o con una carga tan baja que no es una fuente de peligro no obstante es una precaución a tener en cuenta. Una vez descargado podemos empezar a extraer los componentes. La lista de componentes que podemos obtener de un microondas es:



Despiece de un horno microondas

Muchos de los componentes no tienen aplicación para este proyecto pero bien pueden servir para reparar otros microondas o simplemente para utilizarlos en diferentes proyectos. De todos ellos los que más útiles nos pueden ser son: Transformador de alta tensión (base del proyecto), porta fusibles y fusibles, cortacorrientes térmicos, ventiladores, y alguna resistencia de grill (50Ω y 1000W).

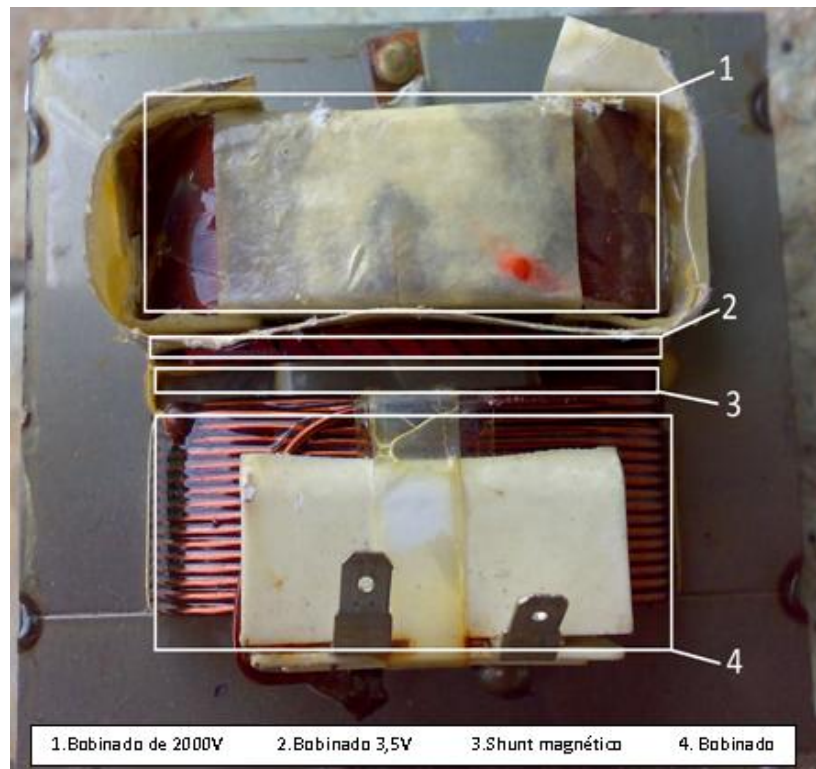
De todos los transformadores obtenidos, tendremos transformadores de rangos de potencias que variarán desde los más pequeños de 700W hasta los más grandes de 1500W. Lo importante en este momento es escoger los transformadores más similares entre sí, es decir todos de 1200W o todos de 800W, el porqué de esto se explicará más adelante. De todos los transformadores se escogieron 5 cuya potencia era la más elevada (esta elección la hicimos de manera cualitativa basándonos en la relación potencia – volumen ya que nos fue imposible encontrar hojas de características) y que tenían los primarios en perfecto estado, así como resistencias de potencia de grill, ventiladores, fusibles, interruptores térmicos...

2.1.1. MODIFICACION DE LOS TRANSFORMADORES

Una vez que hemos decidido la potencia que tendrá nuestra soldadora escogeremos un número de transformadores a ser posible lo más semejantes posible que juntos sumen la potencia calculada. Una vez seleccionados tendremos que modificarlos.

Los transformadores de microondas son transformadores con un primario alimentado a 220V y con dos secundarios, uno reductor que suministra 3,5 V y otro elevador que suministra 2000 V. Son fácilmente identificables, ya

que tendrán más o menos vueltas en función del voltaje que van a suministrar, por la misma razón el grosor del hilo varía mucho entre unos y otros. También existen unas placas que sirven como derivación magnética del flujo para limitar la potencia máxima que se transmite a los secundarios, consiguiendo evitar una excesiva corriente en primario que pudiera dañarlo, por ello deberemos conservar esta derivación magnética.



Transformador de horno microondas

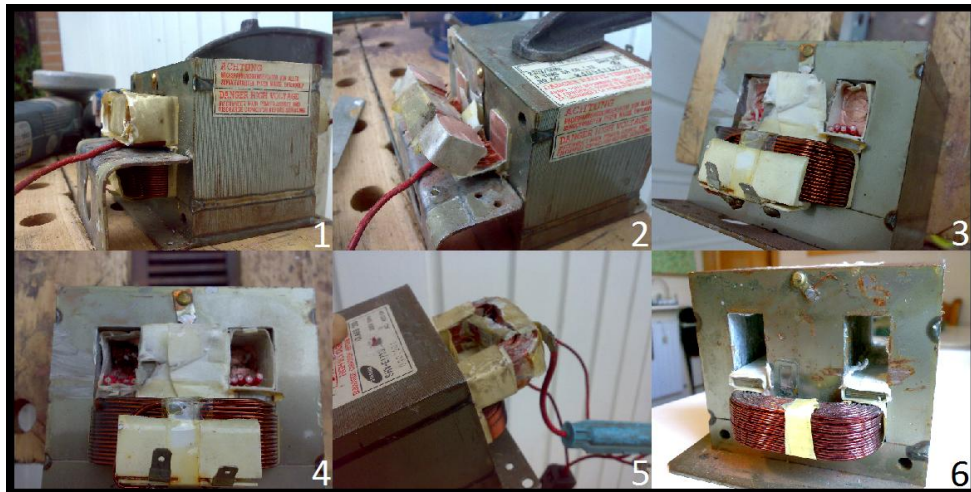
La modificación consiste en eliminar los dos secundarios (el de 3,5V y el de 2000V) y rebobinar con un secundario de baja tensión y alto amperaje hecho a nuestra medida. Ya que el núcleo del transformador es de tipo E y se encuentra permanentemente soldado, no podremos extraer los bobinados de manera convencional, sino cortándolos. También se probó a cortar la soldadura para tener acceso a las bobinas, pero la realidad es que no lo hizo mucho más sencillo, y a la hora juntarlos de nuevo la zona se sobrecalentaba y además generaba ruidos y vibraciones al no poder juntarlos tal y como venían de fábrica, por lo que no se recomienda esta práctica.

A continuación se detalla el proceso de extracción de los secundarios:

- Colocar chapa metálica a modo de protección del bobinado primario a la altura del shunt magnético (1).
- Cortar ambos secundarios con la precaución de no dañar el núcleo, ni las chapas limitadoras, ni primario (2).
- Una vez descubierta la sección de corte de los secundarios y con el núcleo sujeto con unas mordazas, proceder a empujarlos con una herramienta roma y ancha ayudándonos de una maza. Empujar al-

ternativamente las dos secciones descubiertas hasta que salgan completamente por el otro lado del transformador (3,4 y 5).

- Limpiar la ventana magnética de restos y dejarla lista para rebobinar (6).



Detalle de los pasos para modificar un transformador de horno microondas

Para bobinar los transformadores primeramente necesitaremos conocer la sección del cable a utilizar. Es importante hacer notar, que se debe utilizar cable no esmaltado convencional que se utiliza comercialmente para instalaciones de fuerza aislado con PVC o similares. A pesar que conseguiremos un aprovechamiento de la ventana magnética inferior, intentar rebobinar el núcleo con cable esmaltado supone en la práctica imposible, debido sobre todo a la sección de cable que deberemos usar y lo fácil que resulta dañar el esmalte protector de los cables.

Para calcular la sección de cable a utilizar debemos aunar varios criterios:

1. Máximo aprovechamiento de la ventana magnética.
2. Condición de cebado del arco, para el encendido se necesita una tensión comprendida entre 40 y 110 V; esta tensión va descendiendo hasta valores de mantenimiento comprendidos entre 15 y 35 V.
3. Relación V/N : Donde V es voltaje y N el número de espiras. Se recomienda comprobarlo experimentalmente, aunque este valor suele ser muy cercano a 1Voltio/espira.

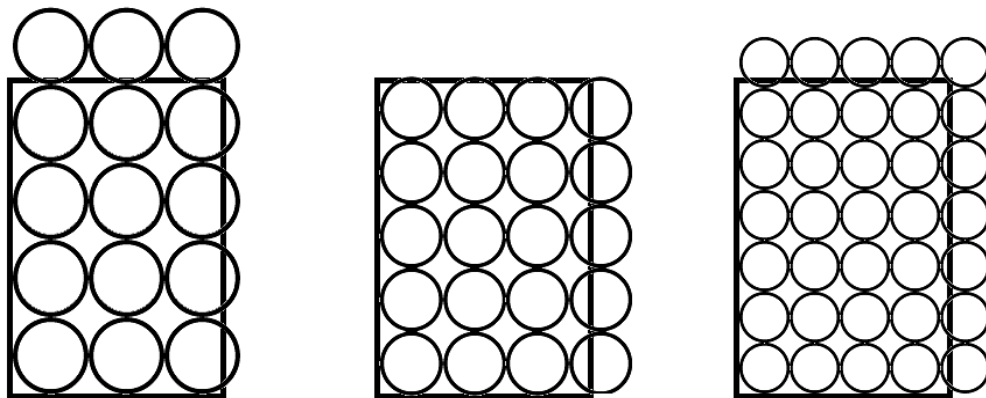
Se podría pensar que debería utilizarse los criterios utilizados en el reglamento electrotécnico de baja tensión, para acabar sacando los valores de una tabla, pero después utilizar todos los criterios convencionales hemos visto que este sistema era el que mejor resultado nos daba. Esto ocurre porque trabajamos sobre la base de un sistema eléctrico previamente diseñado. En consecuencia nos ha demostrado que en la práctica existe una relación de proporcionalidad directa muy constante que relaciona la potencia del transformador, con el volumen de núcleo ferro-magnético que utiliza, y con la sección de ventana magnética expuesta; algo lógico pues por

lo general todos ellos han sido diseñados bajo los mismos criterios. Esto supone que en los transformadores de alta potencia, con una ventana magnética mayor que los de menor potencia, entra un mayor número de espiras o bien de conductores con mayor sección.

Una vez calculada la potencia de nuestro equipo de soldar, y escogido un número de transformadores de forma que sumadas sus potencias sumen una mayor o igual a la total, la manera de proceder será ésta:

- Decisión del voltaje de vacío.
- Cálculo del Número de vueltas por transformador
- Medida de la ventana magnética y cálculo de la sección de conductor (incluyendo aislante), que utiliza el máximo de la ventana expuesta para un número de vueltas dado.

Éste sistema se presenta como muy efectivo sobre todo cuando los transformadores son similares, ya que el cociente entre $\frac{P}{A}$ (potencia y sección de ventana) se mantiene muy constante en todos ellos, por lo que el número de vueltas y el aprovechamiento en todos ellos será muy similar. En cambio se complica conforme más diferentes son ya que éste ratio puede variar en ciertas ocasiones, y eso pudiera dar como resultado al asociarlos en serie que en diferentes situaciones de carga no den la misma cantidad de corriente todos ellos. También puede llegar a ocurrir que incluso conservando un ratio $\frac{P}{A}$ similar, podemos tener diferentes proporciones del rectángulo de área "A" que supongan un peor aprovechamiento de la ventana puesto que el número de vueltas que podemos dar es discreto y la sección de nuestro conductor es una fija.

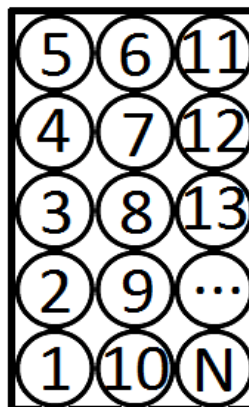


Ejemplos de llenado de una misma ventana magnética para diferentes secciones de conductores

Se puede ver en la figura anterior que no utilizamos un bobinado compacto, pero no es algo crítico, ya que la tensión de cebado puede variar de los 40V a los 110V. Podemos calcular el número de vueltas necesarias para alcanzar una tensión de unos 65V teniendo en cuenta que se asociarán los secundarios en serie.

Consejos para rebobinar los transformadores:

- Aplanar cada espira insertada cerciorándonos que queda ajustada al núcleo utilizando piezas de madera o sin filo para evitar dañar los conductores.
- Dar forma al cable antes de llegar a las esquinas para que se amolde a ellas y no resulte dañado.
- Cubrir la ventana con una capa de cinta aislante supone que los cables deslizarán mejor y evitaremos dañar el aislante con las esquinas afiladas.
- Cuando queden pocas vueltas, agrandar la zona de paso con un destornillador o cualquier elemento parecido, cerciorándonos siempre de que no dañamos el aislamiento.
- Lubricar con jabón si es necesario para insertar las últimas espiras evitando estirar de ellas bruscamente pudiendo dañar el conductor.
- El orden de llenado que supone más simplicidad debe ser de dentro hacia fuera como se muestra a continuación:



Esquema de llenado

- Una vez estemos bobinando si creemos que es posible añadir más espiras debemos hacerlo, siempre y cuando lo hagamos también en el resto.
- Dejar cable sobrante para poder conectar los transformadores luego entre sí.
- Éste trabajo es muy laborioso, no obstante hacerlo bien es muy importante, así que es muy importante no apresurarse y tener paciencia.

Es muy importante realizar este proceso de manera correcta, pues un mal bobinado puede traer como problemas:

- No alcanzar el número de vueltas que calculamos como meta dando una menor tensión en vacío y haciendo más complicado el cebado del arco.
- Un pobre aprovechamiento del área interior de los devanados bajando el rendimiento general de la máquina.
- Pérdida de rigidez mecánica debido a las corrientes de cortocircuito que tenderán a dar una sección circular al devanado, dando como resultado vibraciones y ruidos molestos.
- Dañado del aislante, pudiendo cortocircuitar espiras, o sitios propensos a fallar ante esfuerzos mecánicos o térmicos.
- Rotura parcial interna de los conductores, generando focos de claro propensos a general el fallo.
- Rotura total del conductor, pudiendo dar lugar a contactos intermitentes, arcos eléctricos, y en general funcionamientos anómalos.

2.2. MATERIAL ELECTRÓNICO DE POTENCIA

Tras contactar con personal de un punto de recuperación y reciclaje que trabajaba con diversas industrias pudimos obtener gran cantidad de material de este tipo, sobre todo proveniente de sistemas de alimentación ininterrumpida así como otros dispositivos similares. Conviene remarcar que todo este material tuvo un precio irrisorio, ya que para fijar su precio simplemente nos realizaron una estimación del metal que contenían. Es por eso, que también recuperamos algunos componentes que no tuvieron aplicación directa en nuestro proyecto y que habitualmente cuestan cientos de euros o incluso miles. En definitiva recuperamos entre otros mosfets de altas prestaciones, módulos SCR de capaces de manejar gran potencia, enormes baterías de condensadores, interruptores (a menudo dentro de sus cajas sin abrir), aisladores y otro material eléctrico y electrónico diverso.

2.3. ADQUISICIÓN RESPONSABLE DEL MATERIAL

Tras la etapa de recolección de materiales resulta inevitable reflexionar sobre el exagerado consumismo de nuestra sociedad. Un exagerado consumo que da como resultado el desperdicio de una cantidad ingente de materiales perfectamente reutilizables, ya sean resultado de los “residuos” de particulares, pequeñas o grandes empresas.

Las razones recurrentes por la que se tiran aparatos cuando aún funcionan, o cuando la gran parte de sus componentes funcionan es debido a la obsolescencia programada, obsolescencia tecnológica y el mantenimiento preventivo:

- El primero, en la **obsolescencia programada**, es el proceso por el cual un producto o servicio se vuelve obsoleto o no funcional tras un período de tiempo calculado por el fabricante.
- La **obsolescencia tecnológica** es la caída en desuso de máquinas, equipos y tecnologías motivada no por un mal funcionamiento del mismo, sino por un insuficiente desempeño de sus funciones en comparación con las nuevas máquinas, equipos y tecnologías introducidos en el mercado. Un claro ejemplo es el de los ordenadores, donde la tecnología avanza tan rápido que enseguida quedan obsoletos.
- El primer objetivo del **mantenimiento preventivo** es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran.

Así pues los aparatos provenientes de la obsolescencia programada son fácilmente reparables si la razón de la avería es detectada, o bien puede suponer una gran fuente de materiales en buen estado; en cambio los sistemas que se vuelven obsoletos demasiado rápido ya tienen muchas salidas, como es el caso de la donación de ordenadores a ONGs para su envío a países en vías de desarrollo. Los componentes provenientes del mantenimiento preventivo son perfectos para los casos en los que es preferible tener un sistema con fallas posiblemente salvables, a no tenerlo.

Es por ello que además vemos una opción de negocio no aprovechada en la actualidad que tiene como meta obtener un beneficio de una mejorada recuperación de residuos.

3 TESTEO DEL MATERIAL

Antes de proceder al montaje de la soldadora llevamos a cabo, como ya se ha mencionado, una recolección de materiales. Estos materiales pueden ser divididos en tres grandes grupos:

- Material procedente de microondas. En este caso es necesario testear bien todo los materiales ya que en su mayoría los microondas fueron desechados debido a su mal funcionamiento. Sin embargo la experiencia nos dice que el componente principal que utilizamos de ellos, el transformador de potencia, no suele, por lo general, estar dañado.
- Material procedente de equipos de alimentación (SAIs, Fuentes de CC, Onduladores). En este caso, el material es por lo general procedente de operaciones de mantenimiento preventivo, en general son equipos que o no se han utilizado (llegamos a desprecintar algunos de ellos) o que por su naturaleza se utilizan en contadas ocasiones (son equipos de respaldo para momentos de emergencia). Este material, si bien requiere un test de funcionamiento, podemos considerarlo como material de alta fiabilidad.
- Otro material. En este grupo englobamos aquel material que hemos ido recuperando y que procede de diversas fuentes, por lo que su testeo es vital. Si bien, conviene recordar que en ningún caso este material es crítico para el funcionamiento de la soldadora.

3.1. COMPONENTES PROCEDENTES DE MICROONDAS.

Para comenzar conviene realizar una revisión general del microondas de forma que podamos descartar fallos estructurales en los mismos y evitar trabajar en vano. De estos aparatos aprovechamos los siguientes materiales: transformador, fusibles de potencia y resistencia de potencia. Para saber si el material estaba en buen estado contamos con la referencia de un manual de reparación de microondas.

3.1.1. TRANSFORMADOR

Tras la extracción del transformador del microondas, lo primero es realizar una inspección ocular, para descartar que el transformador haya sufrido golpes o sobrecalentamiento excesivo. Una vez hecho esto se deben de hacer las siguientes mediciones:

- Resistencia del devanado primario, que debe tomar valores entre 1 y 3 Ω .
- Resistencia del devanado secundario de 2000V, con valores entre los 80 y los 120 Ω . Aunque este bobinado no será utilizado, si su resistencia difiere mucho de estos valores puede servir como indicador de que el microondas sufrió algún tipo de avería.

Si las pruebas anteriores son satisfactorias pasaremos a rebobinar el transformador según el procedimiento descrito anteriormente y tomando todas las precauciones pertinentes. Una vez hecho esto pasamos a realizar las siguientes mediciones:

- Resistencia de devanado secundario, en este caso tomamos como referencia la longitud de cable utilizado y conocida la relación de Ohm/m podemos saber si el cable ha sufrido algún tipo de anomalía durante el bobinado.
- Medida de la tensión en vacío de los transformadores, tras el bobinado y con una tensión en primario de 220 V eficaces debemos obtener una tensión de aproximadamente 1 V/ vuelta.
- Medida de corriente en cortocircuito, con esta medida obtenemos un valor de corriente a máxima potencia, de forma que podemos saber si la elección de los transformadores es correcta y podremos satisfacer los requerimientos de potencia de la soldadora.

Los valores obtenidos para los 5 transformadores finalmente utilizados son los siguientes:

TRANSFORMADOR	R_{prim} (Ω)	$R_{\text{sec orig}}$ (Ω)	$R_{\text{sec rebobinado}}$ (Ω/m)	U_o (V)	I_{cc} (A)
1	2.1	92	0.012	1.03	122
2	2.1	88	0.012	1.09	118
3	1.9	97	0.012	1.12	119
4	2.0	85	0.012	0.97	117
5	2.1	91	0.012	1.02	122

3.1.2. FUSIBLES DE POTENCIA

En esta ocasión es tan simple como que tras una inspección del componente se compruebe la continuidad entre sus extremos.

3.1.3. RESISTENCIA DE POTENCIA

En este caso lo que necesitamos es una resistencia de unos 50 Ω y de potencia suficiente, para, como se verá más adelante, poder garantizar la descarga de los condensadores que serán utilizados como rectificador a la salida de la soldadora. Tras realizar varias mediciones obtuvimos varias resistencias procedentes del grill de los hornos candidatas a ser utilizadas.

3.2. COMPONENTES PROCEDENTES DE EQUIPOS DE ALIMENTACIÓN

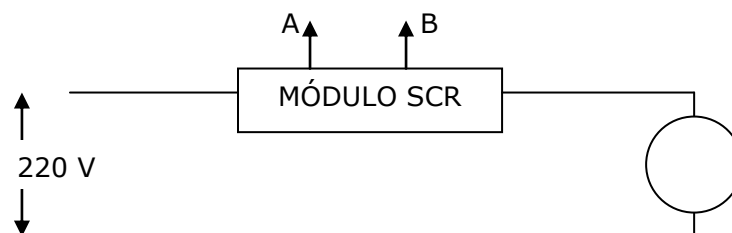
En este caso, como ya se ha comentado anteriormente, obtuvimos principalmente componentes electrónicos tales como baterías de condensadores, diodos de potencia, módulos SCR y sensores de corriente. En el proceso de búsqueda, como ya se ha comentado previamente, utilizamos como fuente de material un centro de procesamiento de residuos y por ello en muchas ocasiones tuvimos que recoger material basándonos en el aspecto de los distintos componentes. Una vez recogido el material realizamos un proceso de clasificación de los componentes, de forma que, finalmente conseguimos una colección considerable de distintos componentes electrónicos, especialmente de potencia, con muy poco o ningún uso y a un coste irrisorio.

Para comprobar su funcionamiento tomamos como referencia las hojas de características de los fabricantes y realizamos las pruebas que se describen a continuación.

3.2.1. **MÓDULOS SCR**

Estos componentes son vitales para el buen funcionamiento de la fuente de alimentación ya que es el dispositivo encargado de modular la corriente que circulará por la soldadora, es por ello que es imprescindible que se compruebe su funcionamiento. Para ello y tomando como base la hoja de características de dichos componentes y tras realizar una inspección del estado físico de dichos componentes (comprobando que no estaban oxidados o sulfatados, con marcas de manipulación o de sobrecalentamiento) comprobamos su funcionamiento como interruptor.

Para ello realizamos el siguiente circuito y comprobamos que el SCR solo se comportaba como conductor cuando se cortocircuitan los terminales A y B, que es, en definitiva, lo que hacen los optotriacs.



Esquema de montaje en la prueba

3.2.2. **BATERÍAS DE CONDENSADORES**

En este caso revisamos que físicamente los condensadores se encontraban en buen estado, comprobando que no estaban sulfatados ni abombados y que las pletinas de cobre sobre las que están montadas se encuen-

tran en buen estado. Un vez hecho esto medimos mediante un polímetro la capacidad de la batería de condensadores y realizamos prueba de carga y descarga de la misma con diferentes tensiones y resistencias de carga de forma que comprobamos que los condensadores se encuentran buenas condiciones.

3.2.3. DIODOS DE POTENCIA

En este caso encontramos varios puentes rectificadores de onda completa compuestos por cuatro diodos de potencia montados sobre unos disipadores. Tras comprobar que físicamente parecían estar bien, realizamos, tomando como referencia la hoja de características de los dispositivos, un montaje del rectificador y comprobamos que se comportaba de acuerdo al modelo teórico del rectificador de onda completa.

3.2.4. SENSOR DE CORRIENTE

Tras analizar los diferentes tipos de dispositivos que encontramos en la planta de reciclaje comprobamos que prácticamente la totalidad de los equipos utilizaban el mismo tipo de sensor de corriente (sensor de efecto hall en bucle abierto) y el que encontramos en mayor número fue el modelo ES300C del fabricante ABB. Tras analizar la hoja de características vimos que se amolda a nuestras necesidades puesto que el conjunto de sensor y circuito de acondicionamiento cumple que:

- Salida en voltaje, ya que la corriente de referencia la fijamos con un valor de tensión.
- Precisión, el sensor es suficientemente preciso como para medir las variaciones de corriente de salida de la soldadora dentro del rango de trabajo.
- Frecuencia de medida, el sensor es capaz de medir corrientes con una frecuencia de oscilación de hasta 12 Hz.
- Aislamiento, ofrece aislamiento eléctrico entre la corriente de salida de la soldadora y el valor de tensión obtenido a la salida del bloque de medida.
- Tensión de alimentación del rango -15Vdc a +15Vdc.

Para comprobar que realmente el sensor se comporta como indica la hoja de características realizamos el siguiente montaje:

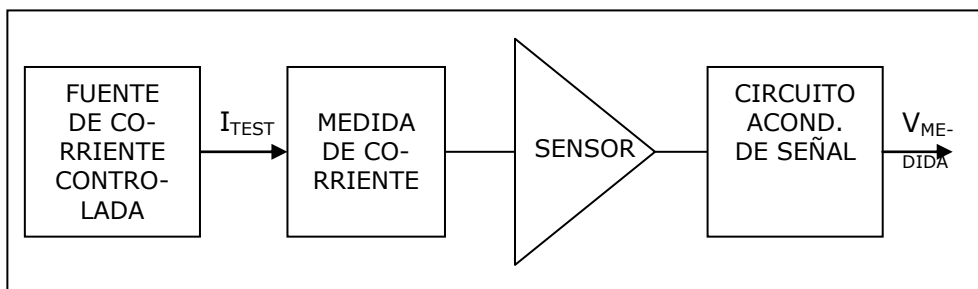
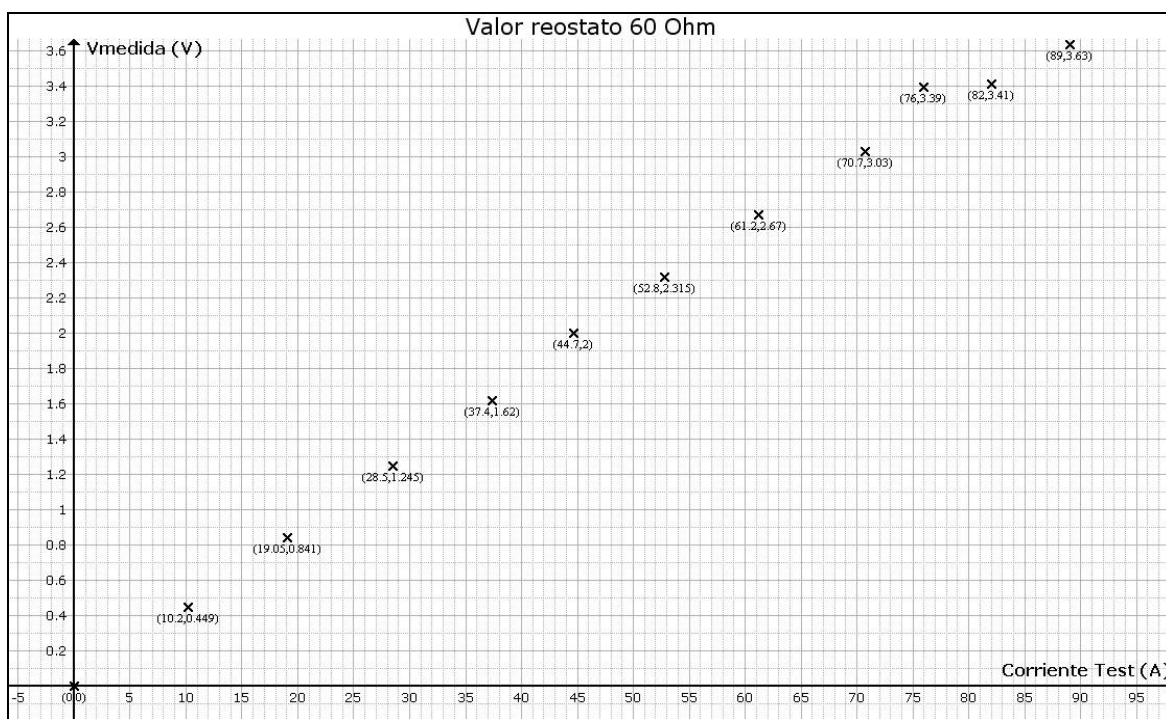


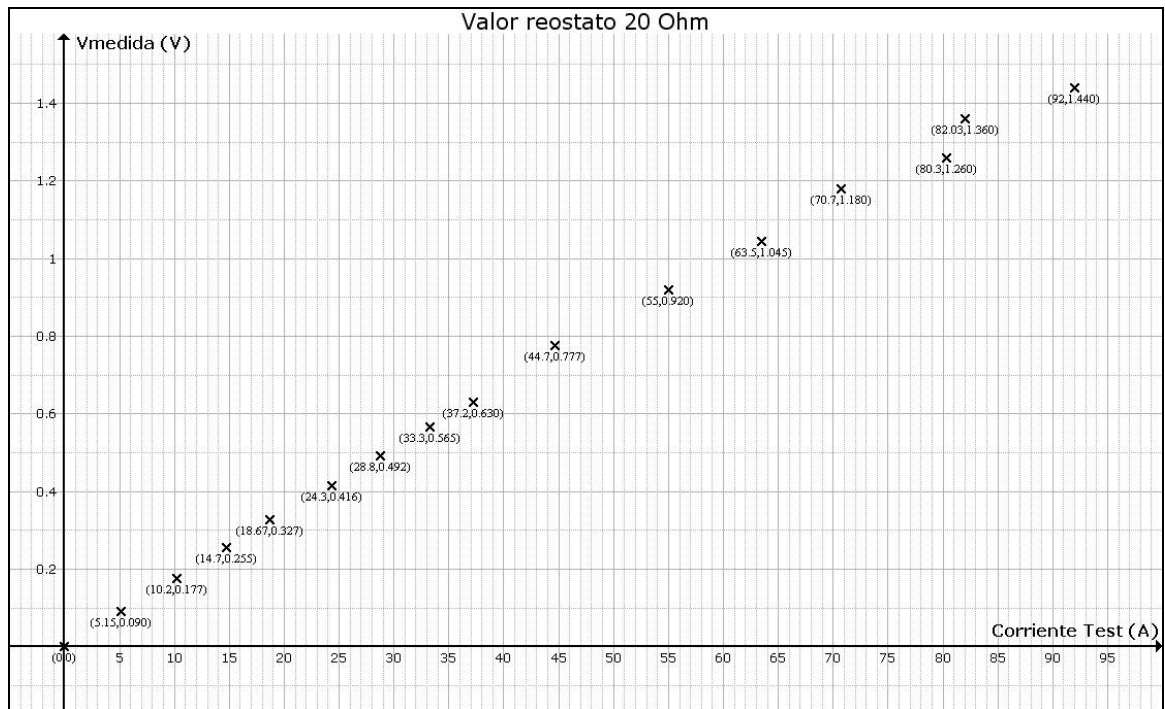
Diagrama de bloques del circuito de medida

Donde el circuito de acondicionamiento de señal era un simple reóstato variable en el cual medíamos la caída de potencial (de acuerdo con las especificaciones del fabricante). Por lo tanto para tres valores diferentes de la resistencia del reóstato realizamos una serie de medidas de corriente. Así por un lado comprobamos tanto el comportamiento del sensor en términos de función de transferencia como en términos de capacidad de suministro de corriente.

Con estas premisas obtuvimos los siguientes datos:



Tensión para diferentes valores de corriente



Tensión para diferentes valores de corriente

De donde se desprende que el funcionamiento del sensor es el que describe el fabricante en la hoja de características y por tanto podemos utilizarlo en nuestro sistema.

3.3. OTROS COMPONENTES

En este apartado incluimos ventiladores, disipadores, conectores, pletinas... En cuanto a este material simplemente comprobamos, en caso de que existiesen, las placas de características e hicimos pruebas de funcionamiento o bien que físicamente estuviesen en buenas condiciones.

3.4. COMPONENTES DE PRIMERA MANO

Además de todos los componentes referidos anteriormente, también utilizamos una serie de componentes de primera mano. Estos materiales decidimos comprarlos porque su reutilización suponía un trabajo de recuperación y testeo enorme en muchos casos, o por que encontrarlos en buen estado no es tarea fácil. En cualquier caso, y para mantener la filosofía de bajo costo decidimos que estos materiales debían ser baratos y fáciles de encontrar para cualquier persona. Por ello los componentes electrónicos (amplificadores operacionales, resistencias, condensadores...) son bastante comunes y muy utilizados en la industria así como el cable utilizado para bobinar los transformadores es un cable común en las instalaciones eléctricas de baja tensión.

4 ASOCIACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES

Ya que los primarios de los transformadores están diseñados para 220V, todos los primarios deberán conectarse en paralelo, en cambio los secundarios podríamos asociarlos en paralelo o en serie (como ya adelantamos, se asociarán los primarios en paralelo y los secundarios en serie), recordemos que la meta es conseguir un voltaje en torno a 65V. Veamos las consecuencias de escoger cada solución.

4.1. ACOPLAMIENTO EN PARALELO DE TRANSFORMADORES

Se dice que dos o más transformadores funcionan en paralelo cuando sus bornes homólogos están unidos entre sí, tanto del lado primario como del secundario, por conexiones de resistencia y reactancia despreciables. Para poder realizar un perfecto servicio en paralelo han de cumplir las condiciones siguientes:

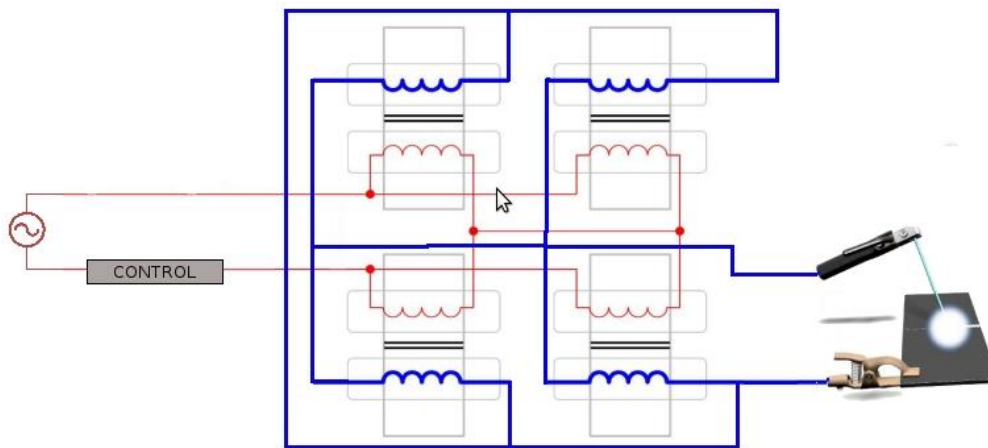
1. Los transformadores deben acoplarse estando todos ellos en fase.
2. Los transformadores deben tener las mismas tensiones primarias y secundarias (lo que indica la misma relación e transformación entre tensiones compuestas).
3. Los transformadores deben tener idénticas tensiones relativas de cortocircuito.

Las dos primeras condiciones son necesarias incluso en el funcionamiento en vacío, y de esta forma se evitan corrientes de circulación entre los transformadores en ausencia de carga, debido a la no coincidencia de las fases o a la desigualdad de sus f.e.m.s. secundarias.

La tercera condición es necesaria además para el correcto funcionamiento de carga, de forma que esta última se distribuya entre los transformadores proporcionalmente a sus potencias asignadas aparentes; todos los transformadores darán la misma tensión pero con diferentes corrientes dependiendo de la potencia de cada uno. En la práctica se admiten unas desviaciones máximas del 10 por 100 y se suele exigir que la relación de las potencias asignadas de los transformadores conectados en paralelo no supere la relación 3:1.

Como consecuencia a la hora de bobinarlos, dado que hemos escogido los transformadores de potencia y características similares se limitará a que tendremos que bobinar cada secundario con alrededor de 65 vueltas (hasta un voltaje de vacío de 65 V en cada uno).

Si hubiéramos escogido transformadores de diferentes potencias tendríamos que haber bobinado con conductores de secciones diferentes en función de la potencia de cada transformador de forma que la característica de voltaje en carga hasta el punto de cortocircuito se mantuviera lo más similar posible.



Asociación de transformadores en paralelo

4.2. ASOCIACIÓN DE LOS PRIMARIOS EN PARALELO Y SECUNDARIOS EN SERIE

Los Primarios deberán estar conectado por terminales homólogos, mientras que los secundarios por sus opuestos, todos ellos por conexiones de resistencia y reactancia despreciables. Para poder funcionar adecuadamente en esta configuración han de cumplir las condiciones siguientes:

1. Los transformadores deben acoplarse estando todos ellos en fase.
2. Los transformadores deben tener idénticas corrientes de cortocircuito.
3. La tensión suma de todos ellos no puede superar el aislamiento galvánico de cada uno.

La primera condición es para cumplir que realmente las tensiones en secundario están en fase y se suman ya que si no podríamos anular la tensión conjunta.

La segunda condición es necesaria además para el correcto funcionamiento de carga, de forma que esta última se distribuya entre los transformadores proporcionalmente a sus potencias asignadas aparentes. Todos los transformadores deberán dar la misma corriente, pero a diferente voltaje en función de la potencia de cada uno. En la práctica se admiten unas desviaciones máximas del 10 por 100 y se suele exigir que la relación de las potencias asignadas de los transformadores conectados en paralelo no supere la relación 3:1.

La tercera condición no nos afecta pues estos transformadores han sido diseñados para funcionar con tensiones de hasta 2000V, cifra muy lejana a nuestro rango de funcionamiento.

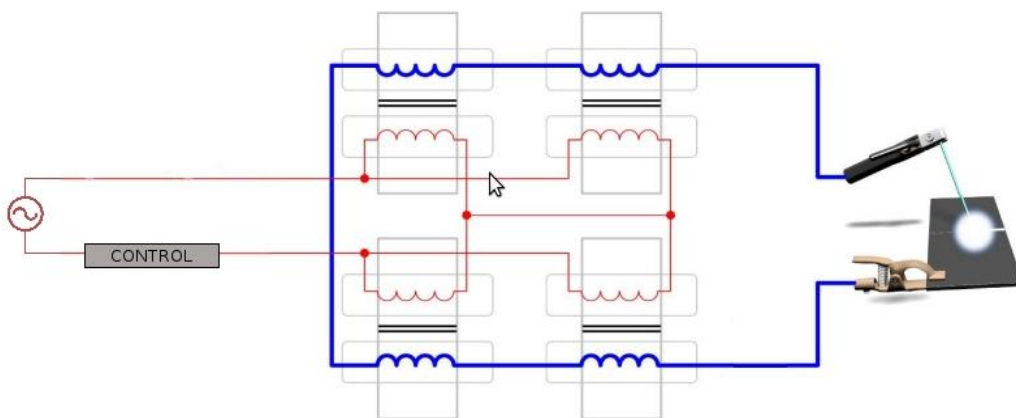
Como hemos escogido transformadores de igual potencia y características, en nuestro caso nos limitaremos a bobinar con una misma sección de cable un total aproximado de 65 espiras repartidas equitativamente entre todos los transformadores.

En el caso de haber escogido transformadores de diferente potencia, tendríamos que haber introducido mayor número de espiras en los de mayor potencia, para que la característica de corriente hasta el caso de cortocircuito fueran lo más semejantes posible.

Podemos concluir que la opción de asociar los primarios en paralelo y los secundarios en serie es la más adecuada por varias razones:

- No existe la problemática del funcionamiento en vacío puesto que no puede haber circulación de corriente en secundarios y por lo tanto no existen corrientes de circulación entre transformadores.
- Reducimos el tiempo de trabajo enormemente al reducir la carga de trabajo al bobinar.
- En el caso de tener transformadores de potencias dispares, es mucho más sencillo igualar la característica en corriente de todos los transformadores mediante la adición de mayor o menor número de espiras que intentar igualar la característica en tensión mediante la variación de número de espiras y la sección del conductor.

De todos los transformadores obtenidos, tendremos transformadores de rangos de potencias que variarán desde los más pequeños de 700W hasta los más grandes de 1500W. Lo importante en este momento es escoger los transformadores más similares entre sí, es decir todos de 1200W o todos de 800W...la idea fundamental trata de reutilizar como componentes fundamentales los transformadores que utilizan los hornos microondas. Estos utilizan unos transformadores de potencias que pueden oscilar desde los 800w hasta los 1500w, con un primario alimentado a 220 V y con dos secundarios, uno que suministra 3,5 V. para alimentar el filamento del magnetrón, y otro que suministra 2000 V. Estos dos secundarios habrá que modificarlos antes de usarlos en la soldadora.



Asociación de los primarios en paralelo y secundarios en serie

4.3. POTENCIA DISIPADA EN LOS TRANSFORMADORES.

La potencia disipada en los transformadores debemos separarla en dos tipos de pérdidas, unas en el hierro y otras en el cobre.

Las pérdidas en el hierro aparecen fruto de la histéresis magnética del material, y de las pérdidas por corrientes inducidas de Foucault. No es necesario conocer las características físicas de la chapa magnética, ya que con un ensayo de vacío, podemos estimar de manera muy acertada este tipo de pérdidas.

En cuanto a las pérdidas en el cobre, serán las producidas por efecto joule, y se calcularán como siempre.

4.3.1. PÉRDIDAS EN EL HIERRO

Tras realizar el ensayo de vacío, vemos que la corriente de vacío en cada transformador, de media es de 1,16A, corriente que para 220V eficaces correspondientes a la red, resulta una potencia de 255W, (no restamos las pérdidas asociadas al primario al circular esta corriente, ya que supone tan sólo un error del 1%, 2,69W). Sin duda elevada, esto se debe a la intención de alcanzar elevadas potencias con bajos pesos y tamaños, dando resultado grandes pérdidas en el hierro. Siendo la media de los transformadores utilizados de 1200W, supone unas pérdidas del 21%, a pesar de ser elevadas, es una de las formas de que estos equipos no alcancen pesos que hagan muy complicado su traslado.

No obstante a la cantidad de material que se calienta es en torno a 4kg de hierro por transformador, y al ser su calor específico elevado, tardaríamos mucho tiempo en alcanzar temperaturas que puedan comprometer los materiales, ya que los transformadores estaban inicialmente etiquetados como transformadores de clase 220, eso supone que puede trabajar hasta temperaturas de 150°C, no obstante como los hemos rebobinado, la temperatura que limitará el funcionamiento será la del cable, con aislamiento de PVC que según el fabricante puede trabajar hasta con 70°C.

Así pues, suponiendo un calentamiento adiabático (no intercambia calor con el ambiente) al ser un cuerpo calentado de 20°C a 50°C, cuyo calor

específico es de $440 \frac{J}{Kg \cdot K}$, necesita una energía de:

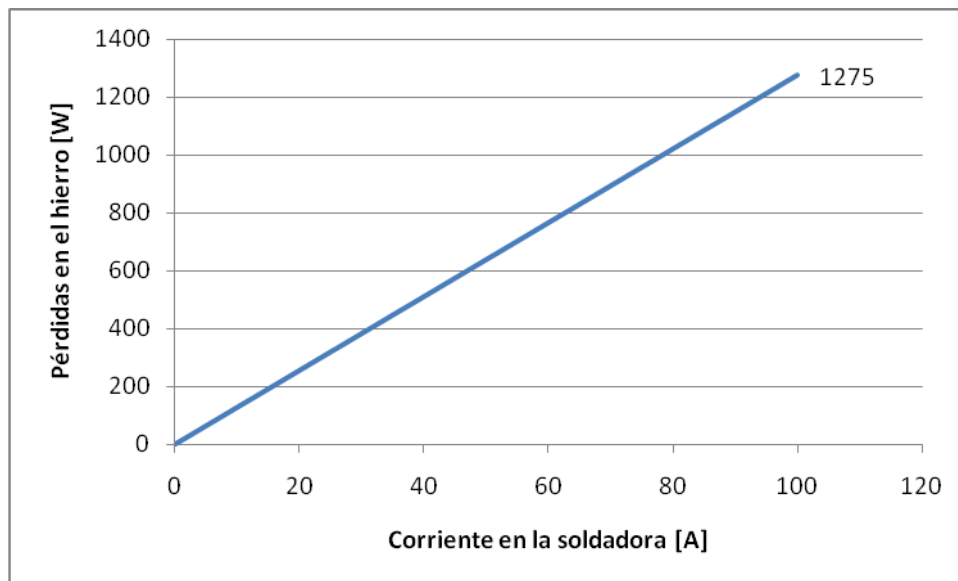
$$E = 4Kg \cdot 440 \frac{J}{KgK} \cdot 50K = 88000J$$

Suponiendo que los 255W son a razón de 255J/s el tiempo necesario para alcanzar las dos transiciones debería ser de 5 minutos 45 segundos.

Donde vemos la consecuencia de uno de los primeros supuestos que hemos fijado, se trata de un calentamiento mucho más rápido de lo que en la práctica resulta, esto se debe a que hemos supuesto que el sistema es adiabático. En la práctica hemos llegado a estar con el transformador más

de 20 minutos en vacío y su temperatura no superó en ningún momento los 50°C, esto era sin ventilación forzada (al contrario de cómo se sugiere en la propuesta de montaje).

Todos los datos anteriores han sido calculados con un ángulo de disparo de 0°, es decir, dejando pasar por completo la onda alterna, y calculado por transformador, así pues las pérdidas del hierro en total serán de 1275W como máximo, habiendo una relación aproximadamente lineal entre la corriente de suministro de la soldadora y las pérdidas podemos concluir con la siguiente gráfica.



Pérdidas en el hierro vs corriente

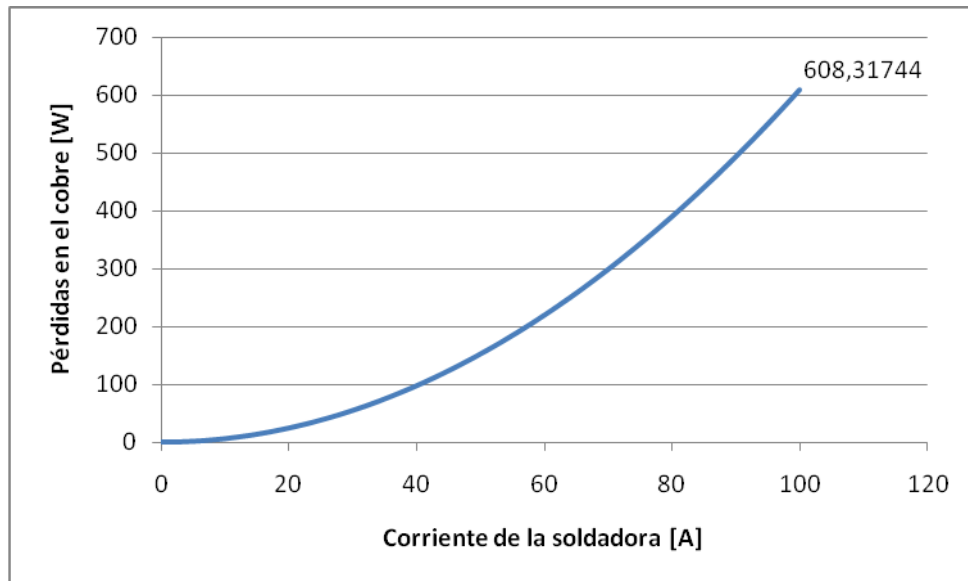
4.3.2. PÉRDIDAS DEL COBRE

Como ya dijimos, la resistencia total que supone la unión serie de los 5 secundarios, resulta de $0,06\Omega$, mientras que el paralelo de todos los primarios es de $0,4\Omega$. La corriente máxima por secundarios es de 100A mientras que por primario la corriente máxima es de 4,56A, suponiendo que la relación entre primario y secundario se mantiene constante; sumando las pérdidas de conducción en primario y secundario:

$$P_{\text{primario}} = I_{\text{primario}}^2 \cdot 0,4\Omega$$

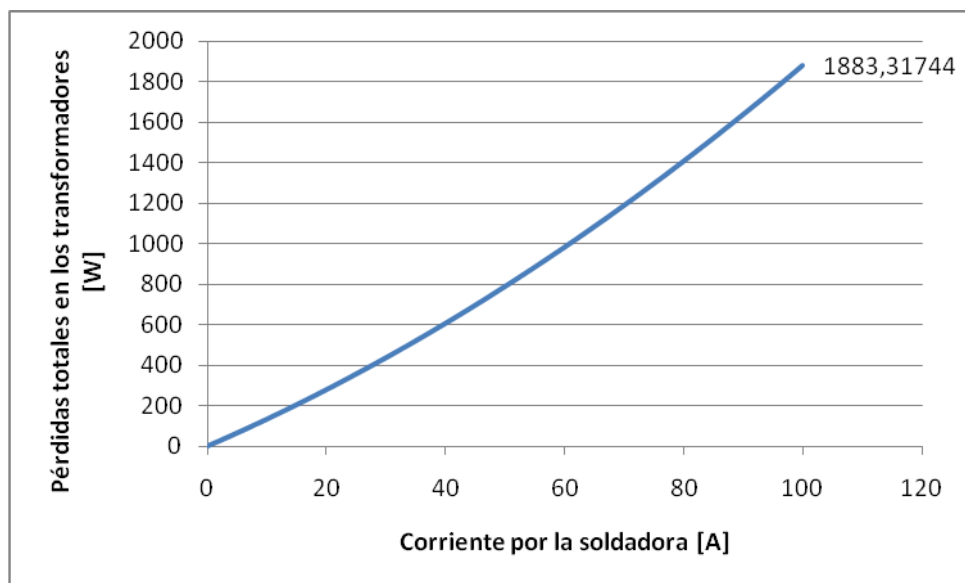
$$P_{\text{secundario}} = I_{\text{secundario}}^2 \cdot 0,06\Omega$$

$$P_{\text{TOTAL}} = P_{\text{primario}} + P_{\text{secundario}}$$



Pérdidas en el cobre vs corriente

Así pues podemos concluir un un gráfico de pérdidas totales en el transformador, incluyendo las pérdidas en el hierro y las del cobre:



Pérdidas totales en los transformadores vs corriente

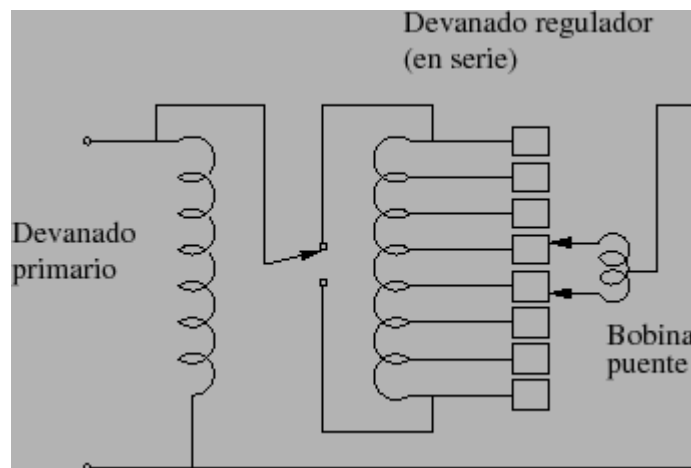
5 CONTROL DE POTENCIA:

Dependiendo del material a soldar, el grosor y demás parámetros necesitaremos soldar con diferentes corrientes. Ésta necesidad de regulación da como resultado una cantidad enorme de diferentes formas de regular la corriente que circula por secundario, veamos los más principales y el porqué de nuestra elección:

5.1. CONTROL MEDIANTE CAMBIADOR DE TOMAS

Las tomas de un transformador son un conjunto de puntos de conexión a lo largo de un devanado, lo que permite seleccionar el número de espiras de éste.

Así, se consigue un transformador con el número de espiras variable, permitiendo la regulación de voltaje en el devanado secundario. La selección de la toma en uso se hace por medio de un mecanismo cambiador de tomas, que puede ser eléctrico o mecánico.



Esquema de un cambiador de tomas

Usualmente, las tomas son hechas en el devanado de alto voltaje, o baja corriente, del transformador para minimizar los requerimientos de los contactos en el manejo de niveles de corriente. Para minimizar el número de espiras y el tamaño del transformador se puede utilizar el devanado reverso (que es una porción del devanado principal pero enrollado en su dirección opuesta). Los requerimientos de aislamiento ubican a las tomas en el devanado de bajo voltaje. Es decir, cerca al punto de estrella en un devanado conectado en estrella, en el centro si se trata de uno conectado en delta, o entre los devanados serie y común en un autotransformador.

Al utilizar transformadores de microondas una manera de realizar este tipo de diseño sería asociando más o menos transformadores, o incluso añadiendo tomas intermedias, eso sí a la hora de asociarlos deberíamos hacerlo de manera que no incumplamos las condiciones de asociación de transformadores desequilibrando la carga proporcional a la potencia de cada uno. Es ésta última la

razón que hace este sistema demasiado complejo pues imposibilita la capacidad de cambiar de corriente en carga mediante elementos mecánicos ya que los arcos eléctricos destruirían los contactos de los terminales, no obstante podríamos hacerlo también mediante relés de estado sólido, pero la lógica que lo acompañara no sería fácil, y como término general obtendríamos una soldadora más compleja de construir y con peores características eléctricas que la diseñada.

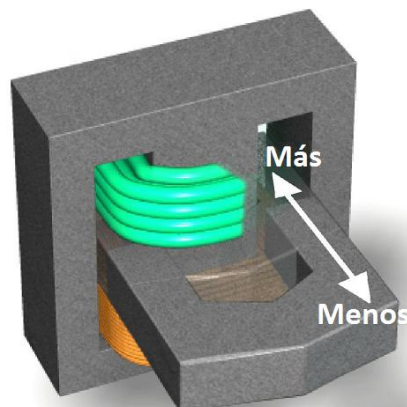
5.2. CONTROL POR FLUJO MÁGNÉTICO

La idea general de este tipo de regulación de potencia es hacer que el flujo magnético que habitualmente circula por ambos bobinados a través de la chapa ferromagnética, sea menor cuando pasa a través del secundario. Hay distintas formas de realizar esta función:

5.2.1. **CONTROL POR DERIVACIÓN DEL FLUJO MAGNÉTICO:**

Este método consiste en variar el flujo magnético que llega al secundario por medio de una derivación magnética variable, mediante una derivación magnética que permite que el flujo se cierre sobre el primario sin llegar a pasar por el secundario.

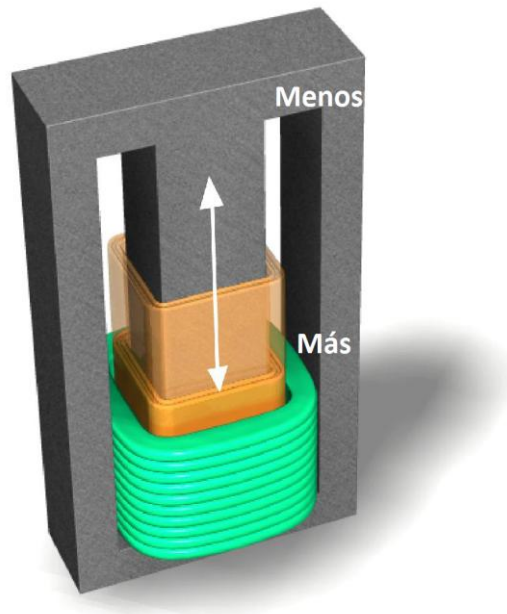
Como se puede ver en la imagen, al introducir la chapa magnética que sirve de derivación para el flujo, dentro de la ventana magnética entre primario y secundario, conseguimos aportar un camino alternativo al flujo, consiguiendo que parte del flujo que pasaba por secundario se cierre por medio de esta derivación sin aportar potencia al devanado secundario.



Comportamiento del flujo magnético

5.2.2. CONTROL MEDIANTE DEVANADOS MOVIBLES:

Muchas marcas adoptan este sistema de control en sus soldadoras para variar la salida. Es similar a la anterior descrita, al mover una derivación. En este caso al alejarse o acercar los devanados mediante un mecanismo de tornillo sin fin, conseguimos variar el flujo que ve el devanado secundario.



Comportamiento del flujo magnético

5.2.3. CONTROL MEDIANTE SATURACIÓN DEL NÚCLEO:

Es una sencilla forma de controlar remotamente y proporcionalmente la cantidad de flujo que alcanza al secundario al controlar la saturación del núcleo magnético. Además ya que necesitamos un nuevo arrollamiento garantizamos el aislamiento del circuito de control. Ésta forma de control ya no se utiliza debido al gran avance en dispositivos electrónicos como triacs y tiristores, que permiten un control en un menor tamaño y con sistemas que globalmente resultan más baratos.

5.3. REGULACIÓN DE ESTADO SÓLIDO

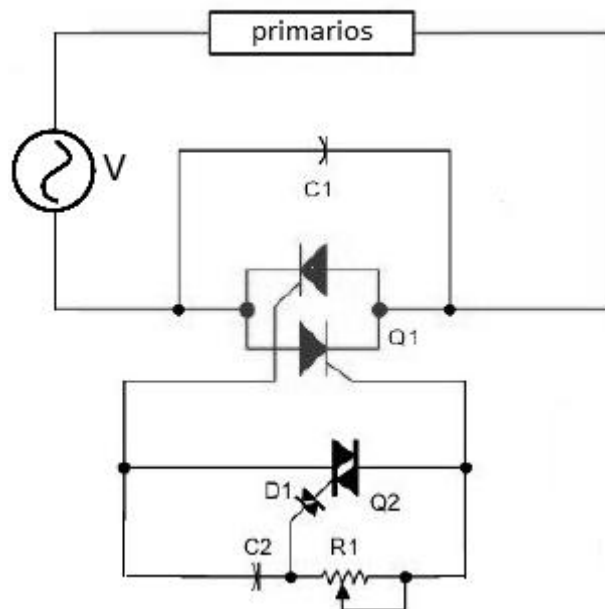
La opción escogida en nuestro diseño, es la que nos permite un ajuste más fino de la corriente; la que además nos permite implementar un control en bucle cerrado; además permite una regulación en carga, esto que puede resultar obvio es una característica que no aportan todas las soldadoras, y es una característica fundamental de regulación del soldador, para ajustar la corriente exacta al tipo de soldadura; es económico incluso si pensamos en comprar los materiales en vez de reciclarlos; es de fácil implementación y por último pero sin duda

el más importante, es el sistema que mejor se adapta a la hora de controlar una soldadora a base de transformadores de microondas.

Hemos optado por utilizar un módulo SCR que implementa dos tiristores con sus terminales de puerta. Se trata del SKKT 91/14E, los criterios de selección no han sido otros más que cumplir con las expectativas sobradamente (150A en régimen permanente, 1400V de máxima tensión inversa repetitiva, ver anexo SCR), y el haber podido recuperar decenas de ellos, de forma que sirvieran como repuestos.

5.3.1. FUNCIONAMIENTO EN BUCLE ABIERTO: APROXIMACIONES HASTA EL DISEÑO FINAL

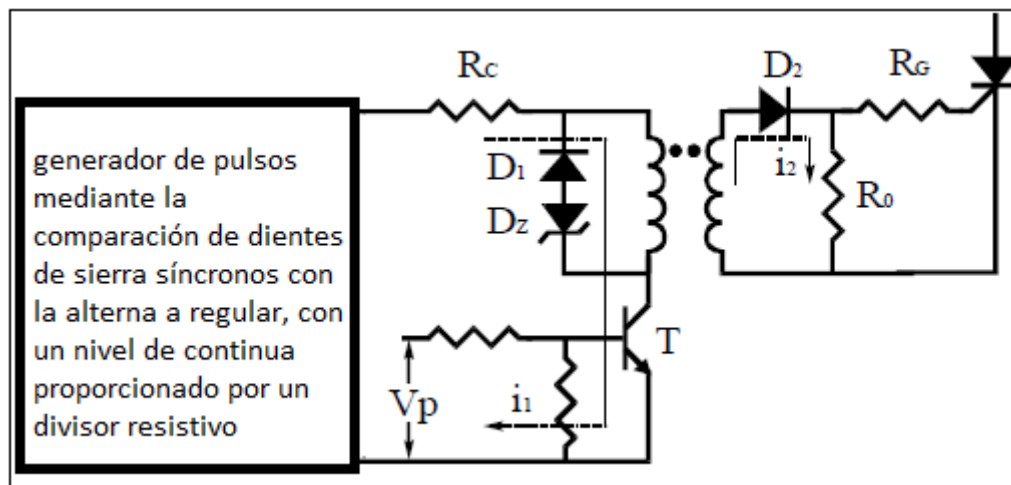
El control que se realizará será sobre la base del control en bucle abierto, así pues para explicar cómo funciona deberemos empezar por explicar los anteriores y más básicos:



Control en lazo abierto

Ya que el módulo SCR por motivos de construcción tiene una tensión menor pero síncrona con la que nos disponemos a regular y con potencia suficiente como para auto dispararse, se considera un montaje con una red de desplazamiento de fase, el funcionamiento es el que sigue: mediante una resistencia y un condensador retrasamos esta alterna, de manera que se obtienen valores de tensión absolutos que en cierto momento superan los de conducción del diac. Llegado ese momento, el diac deja pasar la corriente que dispara el triac que finalmente dispara el módulo SCR al cortocircuitar sus dos terminales de puerta. En el dibujo también se puede ver un condensador en paralelo con el módulo, su función es la de un snubber, dejando pasar la alta frecuencia de forma que no tenga que soportarla el SCR pudiendo llegar a auto dispararse.

Una segunda opción de diseño consiste en disparar mediante comparación de dientes de sierra y un nivel de continua:

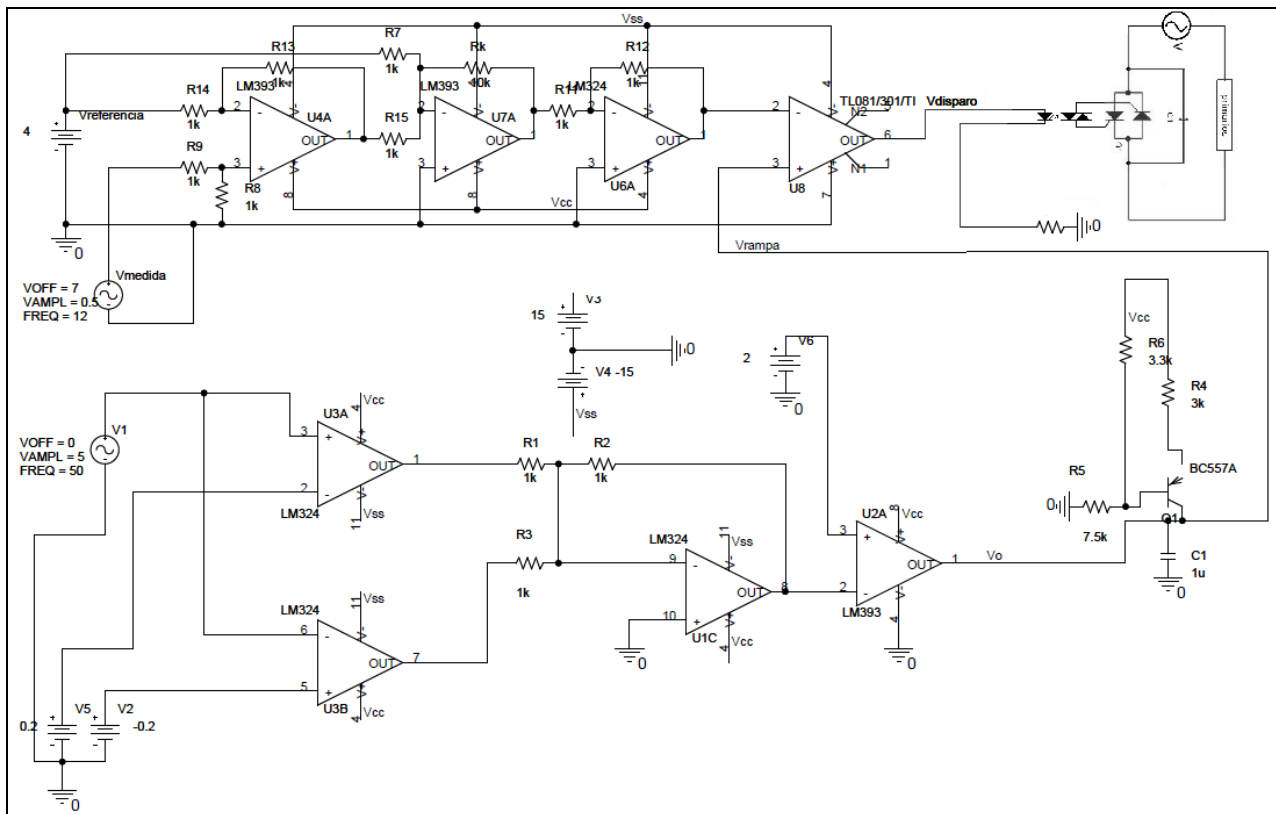


Esquema de control mediante transformadores de pulsos

Para generar los dientes de sierra, la señal alterna pasa por diferentes etapas, detector de paso por cero compuesto por dos comparadores y un sumador inversor, y un generador de rampa formado por la carga de un condensador a corriente constante (rampa), que es puesto a tierra por un operacional con salida en colector abierto (caída del pico del diente de sierra).

Una vez comparados los dientes de sierra con un nivel de tensión conseguiremos pulsos síncronos con la alterna, que serán modulados por trenes de pulsos para poder a través de los transformadores de ferritas tener una ganancia en corriente y obtener un aislamiento galvánico entre la parte de instrumentación y la de potencia.

Partiendo de estas dos ideas, nuestra propuesta consiste en regular el ángulo de disparo de los tiristores mediante un optotriac que se dispara con una señal resultante de comparar un nivel de continua con una señal de dientes de sierra de 100HZ síncrona con la alterna. El diseño propuesto para el bloque de control, sería el siguiente:



Diseño implementado (los valores de las fuentes de tensión que aparecen en la figura son para la simulación mediante software).

Como puede verse hasta la parte en la que comparamos los dientes de sierra con un nivel de tensión es idéntico al segundo circuito, sólo que ahora el resultado mediante una resistencia para fijar la corriente a valores seguros de alimentación del led, disparamos un optotriac, el cual hace las veces del triac del primer circuito, cortocircuitando los terminales de puerta del SCR y disparándolo. Donde corresponde dar un valor de tensión de comparación con los dientes de sierra es donde incluiremos el control en bucle cerrado.

Una consideración importante a la hora de escoger el optotriac, es que su tensión de aislamiento debe ser de 3 a 4 veces superior a la nominal, y en la práctica resulta mucho más económico conseguirlo al colocar más de un triac de baja tensión de aislamiento en serie, que uno sólo que lo aguante todo.

Así pues desarrollaremos una electrónica que poder acoplar que haga la misma función que ese nivel de continua, de forma que al estar el sistema realimentado este nivel de continua variará con la intención de corregir la corriente en la salida. A esta electrónica añadida la llamaremos bloque de control.

El primero es una solución demasiado sencilla y que dificulta la introducción de electrónica que cumpla en control en bucle cerrado. En cambio la segunda es una solución demasiado tediosa y cara, sobre todo por la parte de los transformadores de pulsos. Nuestra propuesta es una combinación de ambos circuitos en el combinamos la simplicidad de disparo del

primero con la precisión de sincronismo del segundo, obteniendo el aislamiento mediante opto-triacs.

5.3.2. BLOQUE DE CONTROL

El objetivo principal del actual proyecto es construir un equipo de soldadora de característica constante, esto quiere decir que a pesar de las posibles variaciones de la longitud del arco eléctrico, debemos intentar mantener la corriente de la soldadora lo más constante posible.

Lo primero que debemos hacer a la hora de enfrentarnos a un problema de este tipo es definir claramente el entorno de uso, cuáles son sus requerimientos, los objetivos que se buscan así como las variables que definen el entorno de trabajo.

Estas posibles variaciones de corriente se deben a la variación de carga que genera el arco eléctrico al variar su longitud, estas variaciones de longitud ocurren por el temblor muscular que puede sufrir el operario en circunstancias normales, el pulso del operario. Así pues al poder ser éste tan variable se incluirá una regulación que permita ajustar el grado de control de la máquina a la firmeza del pulso del soldador, de forma que se adapte a los diferentes operarios.

Al ser la fuente de variaciones eléctricas un arco voltaico, esto nos obliga a tomar decisiones importantes, ya que intentar estudiar y modelar un arco eléctrico bien podría dar como resultado un proyecto por sí mismo. Por ello se utilizará un regulador más sencillo que trabaje sobre los efectos del arco eléctrico sin necesidad de conocer el comportamiento de un arco eléctrico y que a pesar de su simplicidad consiga un resultado satisfactorio.

Ya que vamos a disparar una serie de tiristores en cascada (optotriacs que a su vez disparan el módulo SCR), que van a tratar de modular la tensión en bornes de los primarios de los transformadores, es necesario analizar las limitaciones de control que puedan generarnos el hardware sobre el que va a ser aplicado.

Las condiciones de funcionamiento de los tiristores, fijarán la máxima variación que puede llegar a tener este nivel de continua para no realizar más de un corte por periodo en la señal triangular (100Hz), los cuales podrían dar como resultado fallos en el disparo de los tiristores, por no alcanzar la corriente de enclavamiento, o por no poder volver a encenderlo hasta que no se alcancen las condiciones de apagado, o por intentar ponerlo en corte una vez que ya está en conducción de los optotriacs.

La máxima frecuencia del pulso del operador según estudios neurológicos puede alcanzar los 12 Hz

No obtener un valor de tensión media distinto de cero en los primarios de los transformadores que pudiera llevarles a saturación, es decir que la frecuencia sea menor a 50Hz, además de cerciorarnos de que no haya ningún proceso que fomente un valor de tensión medio no nulo garantizando que se cumple el principio de aleatoriedad.

De todas ellas la que marcará la regla de diseño será la frecuencia del pulso del operador, frecuencia suficientemente lenta para garantizar los requerimientos anteriormente descritos.

Según estudios de Neurología en temblores musculares, podemos ver que la máxima frecuencia a la que puede llegar un temblor muscular es de 12Hz (ver anexo Temblor muscular), así que debemos establecer el diseño de forma que la señal deje pasar el rango de frecuencias de 0Hz a 12Hz. Es esta frecuencia la que resulta fundamental como regla de diseño, pues descarta las altas frecuencias que bien podrían dar como resultado los funcionamientos anómalos anteriormente descritos.

En cuanto al algoritmo de control, que será implementado con electrónica analógica (principalmente AO's), será el encargado de variar sobre la base del nivel de tensión de referencia que ofrece el selector de corriente. El nivel de referencia resultado, será comparado con una señal triangular de manera, que cuanto menor sea este nivel, menor será el ángulo de disparo y por lo tanto mayor corriente de suministro.

Nos interesa variar el nivel base que da el selector, de forma que esta variación sea proporcional al error cometido al suministrar la corriente, así pues el algoritmo quedaría:

$$V_{\text{corregido}}(t) = V_{\text{selector}}(t) + K[V_{\text{medido}}(t) - V_{\text{selector}}(t)]$$

Donde:

$V_{\text{corregido}}(t)$: Tensión final que fijará el ángulo de disparo, es inversamente proporcional a la corriente (más tensión menos corriente).

$V_{\text{selector}}(t)$: Tensión que del selector de corriente, es directamente proporcional a la corriente buscada.

$V_{\text{medido}}(t)$: Tensión directamente proporcional a la corriente que circula, directamente proporcional a la corriente medida.

K : Constante para regular la importancia de la deriva, pudiendo generar desde un sistema en bucle abierto ($k = 0$), hasta un control todo y nada ($k = \infty$). A la hora del montaje se realizarán pruebas para acotar los valores de forma que el operario pueda ajustar el grado de asistencia sin incurrir en funcionamientos indebidos.

El rango de $V_{\text{selector}}(t)$ y el de $V_{\text{medido}}(t)$ son iguales.

Veamos un ejemplo del funcionamiento:

$$V_{\text{selector}}(t) = 5 \text{ V}$$

$$V_{\text{medido}}(t) = 6 \text{ V}$$

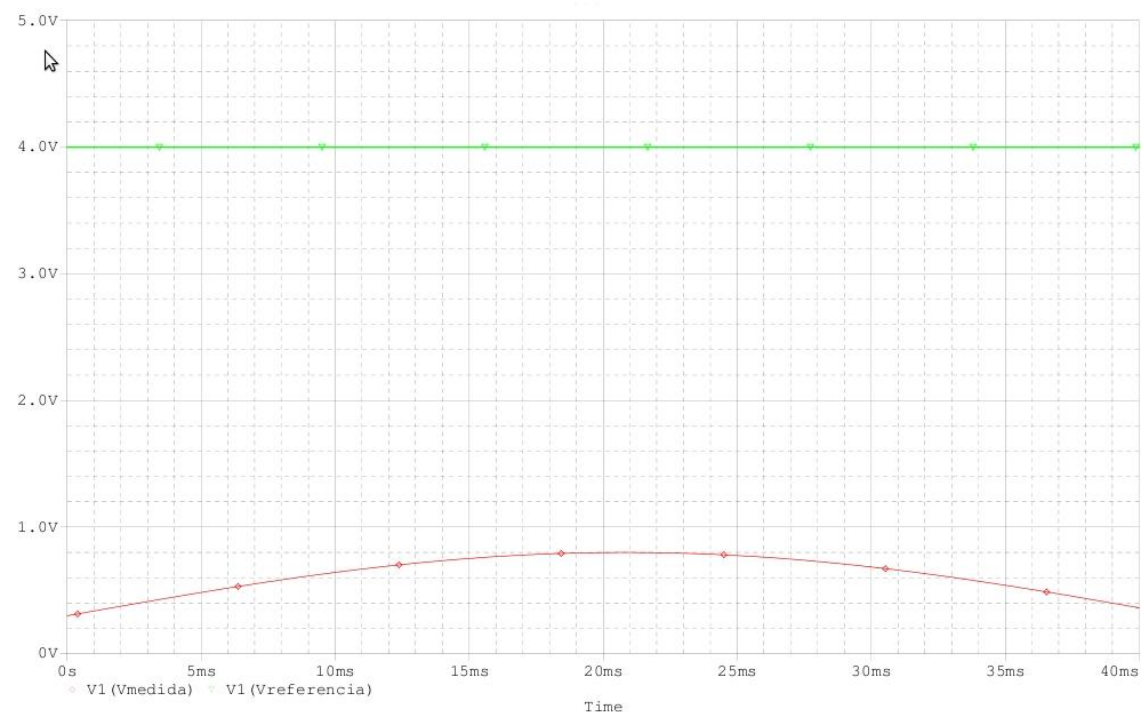
Es decir la corriente que circula es mayor que la que debería circular, deberíamos reducir el ángulo de disparo, y con ello la corriente

$$V_{\text{corregido}}(t) = 5 + k[6 - 5] = 5 + k$$

Y dado que k está contenida entre 0 e infinito, $V_{\text{corregido}}$ será mayor, lo que implica mayor ángulo de disparo y por ende menor corriente.

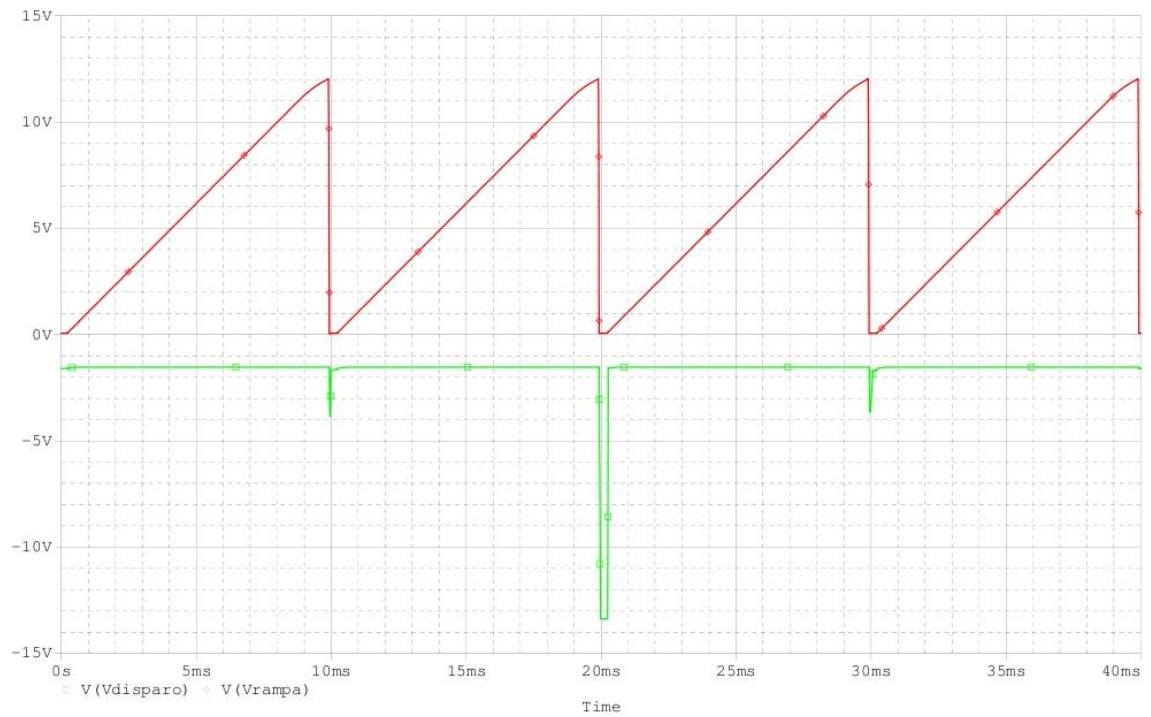
Es fácil comprobar como con otros valores el sistema sigue autor regulándose. Simulemos tres casos para comprobar el funcionamiento, para ello la tensión de medida proporcional a la corriente de suministro será modelada como una tensión continua con una alterna de rizado de 12 Hz.

1. Corriente de soldadura menor que la corriente de consigna:



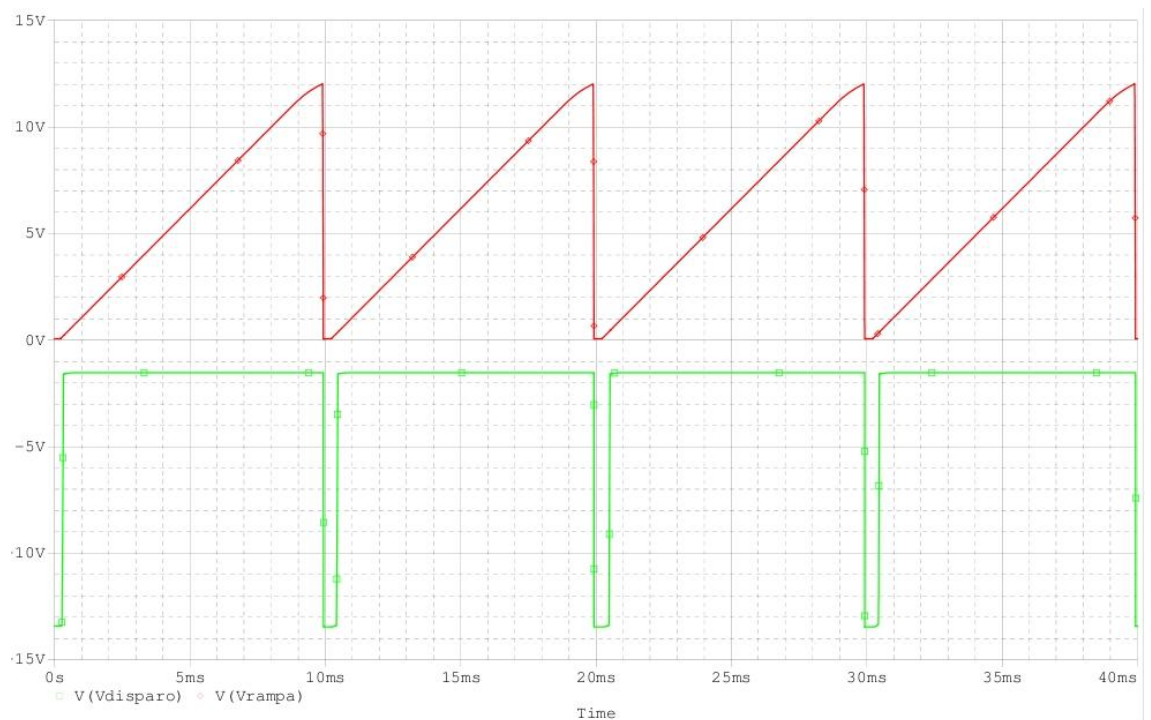
Simulación PSpice

Para $k=0,1$



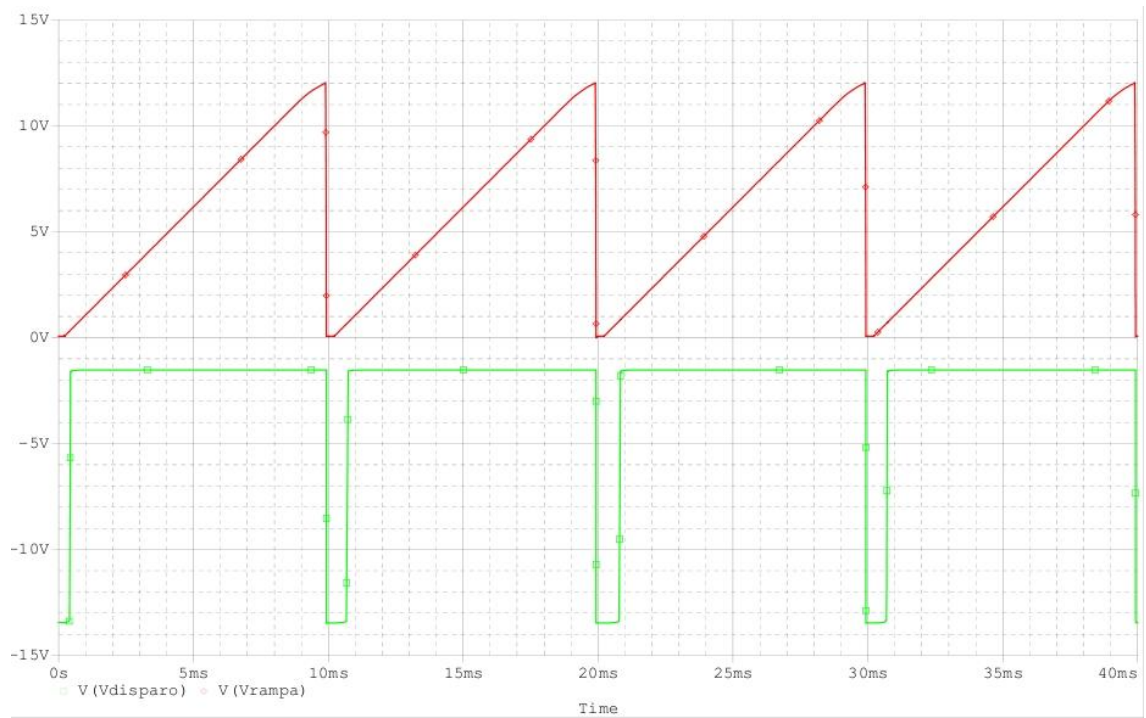
Simulación PSpice

Para $k=0,5$



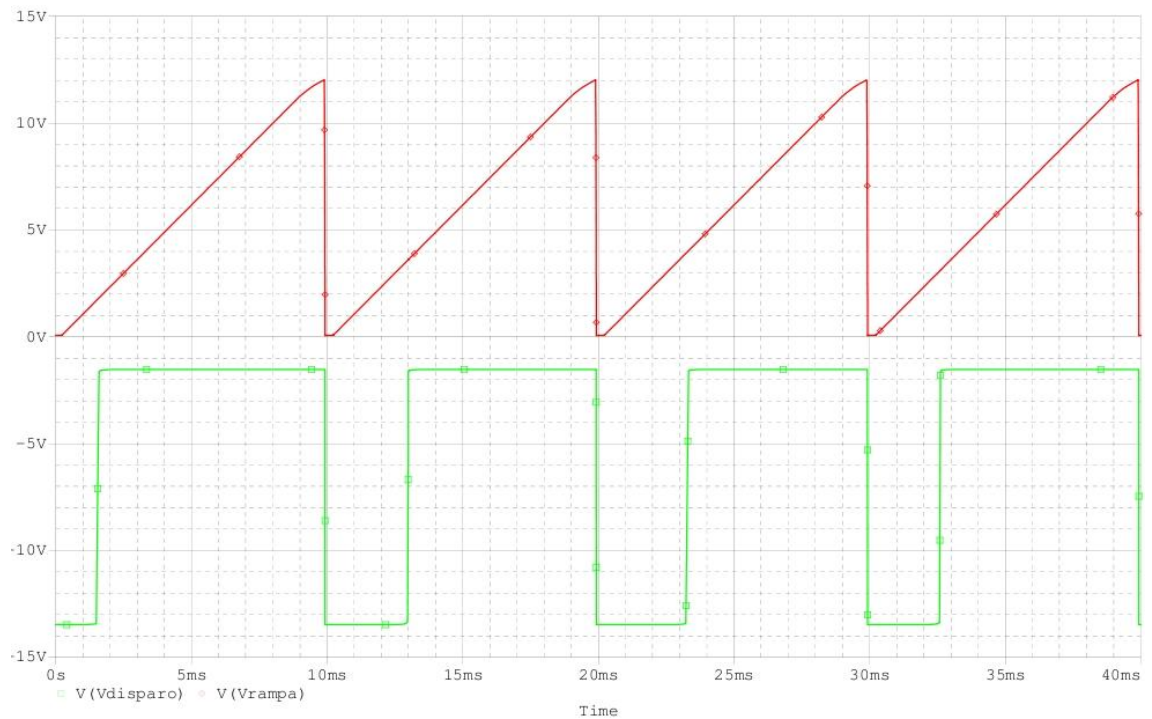
Simulación PSpice

Para $k=1$



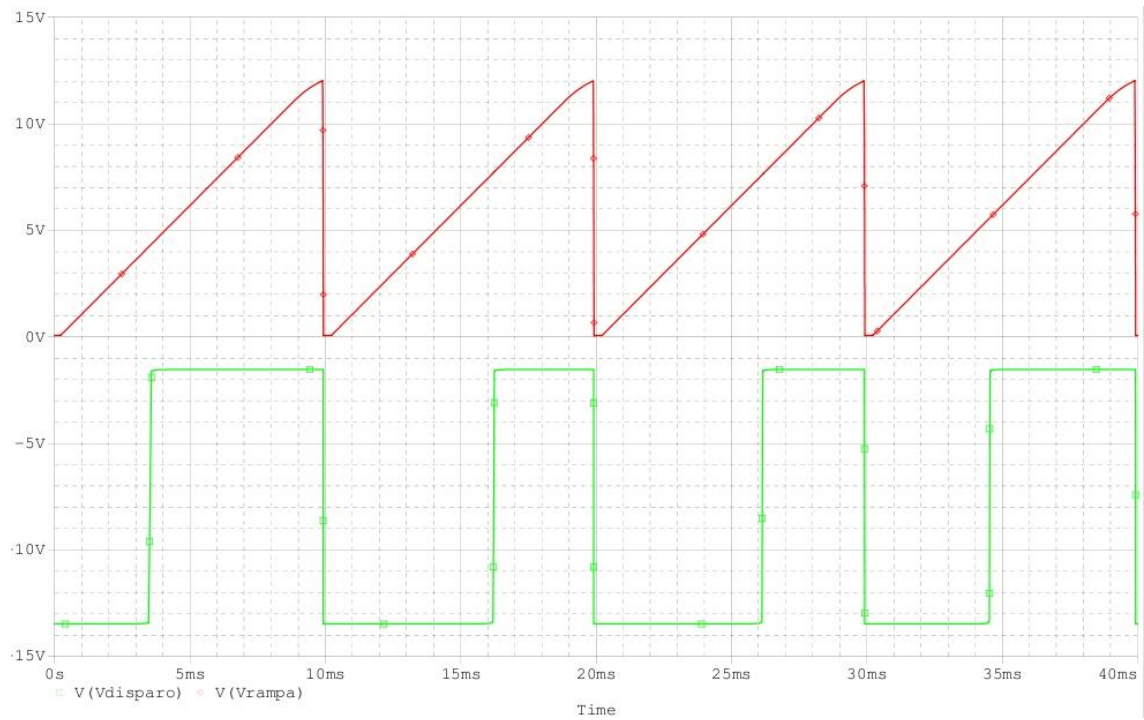
Simulación PSpice

Para $k=5$



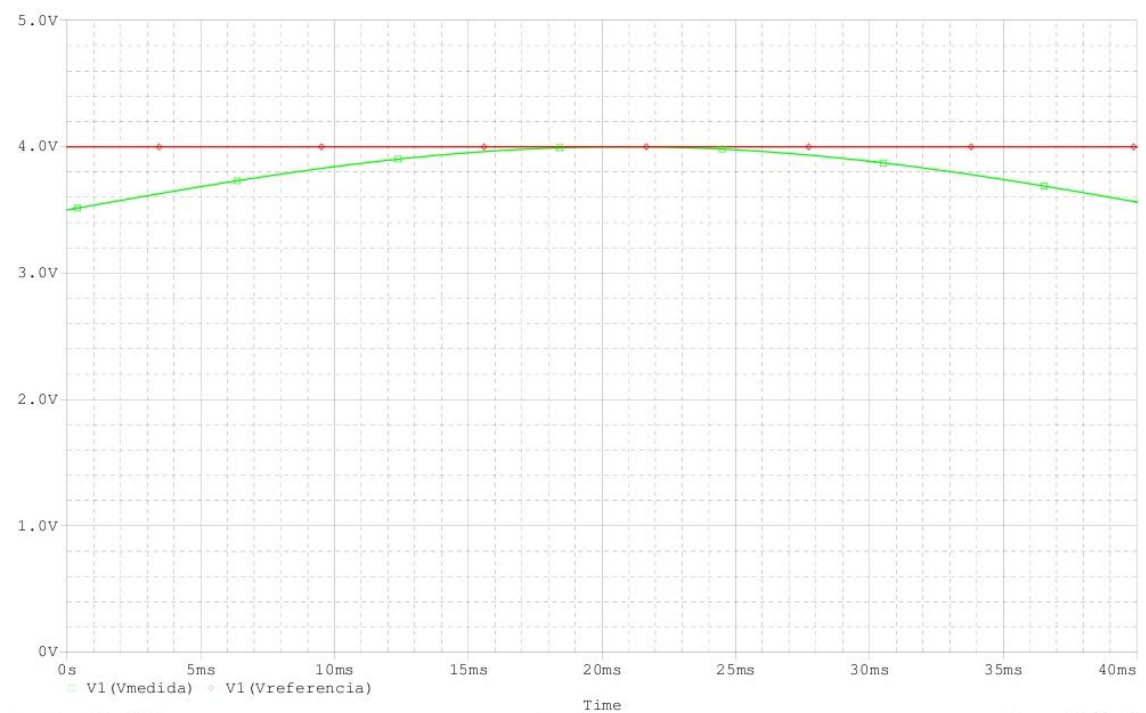
Simulación PSpice

Para $k=10$



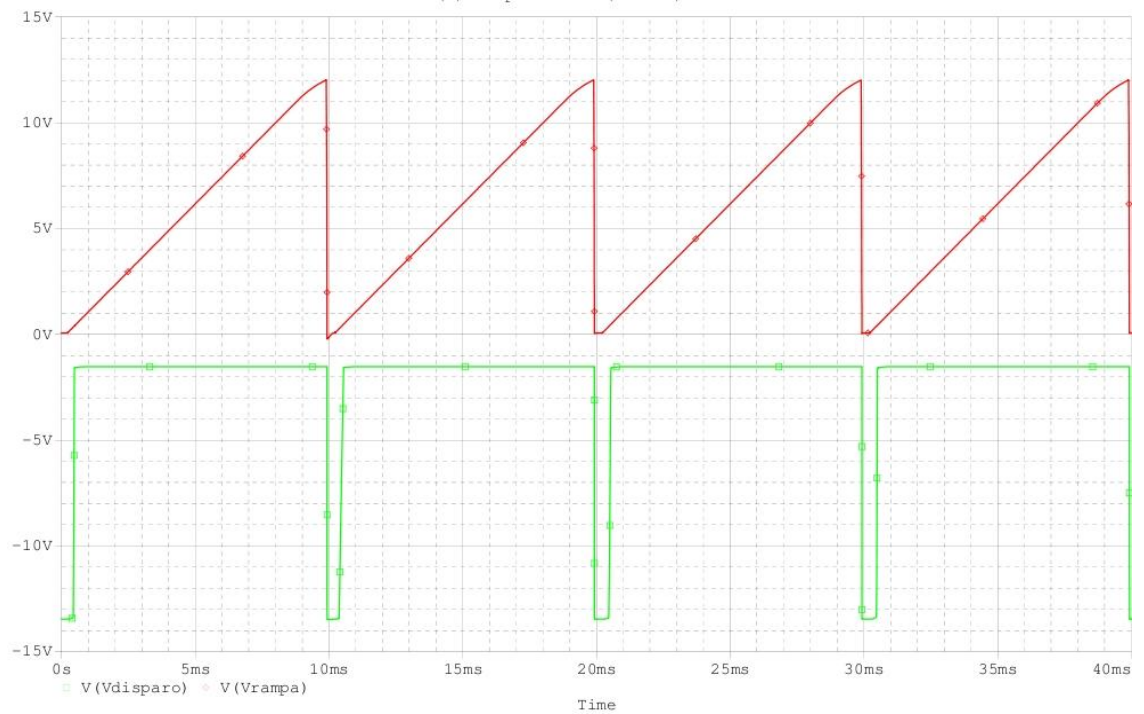
Simulación PSpice

2. Corriente de suministro y corriente de consigna de valores similares



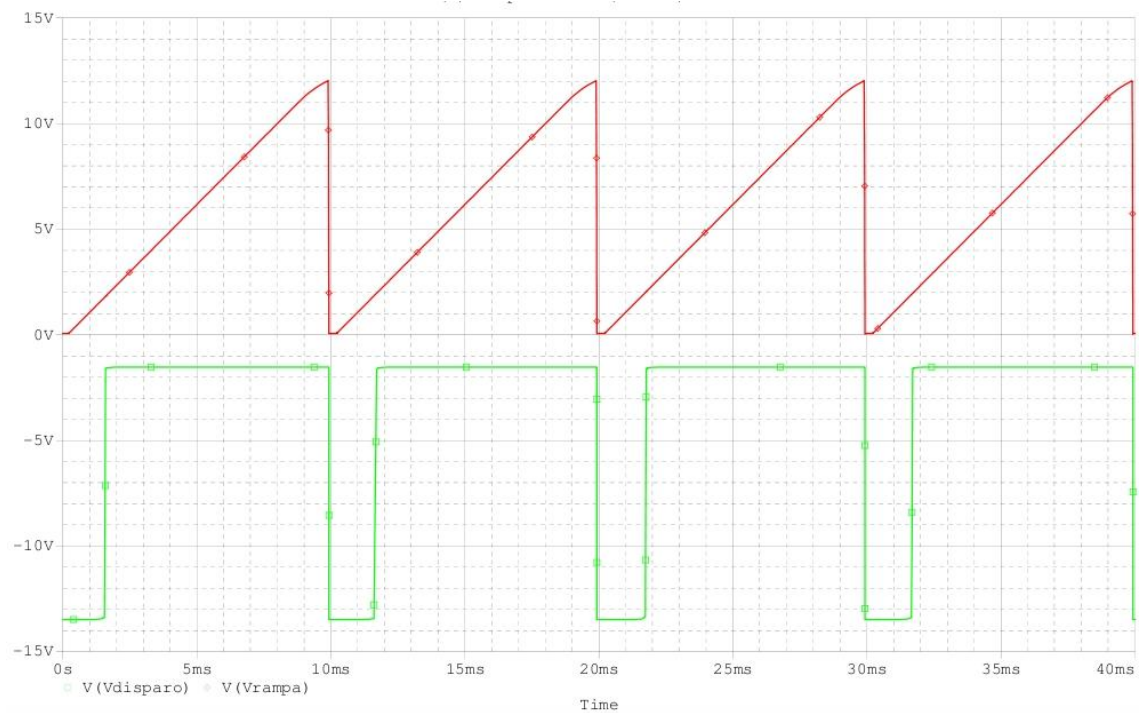
Simulación PSpice

Para $k=0,1$



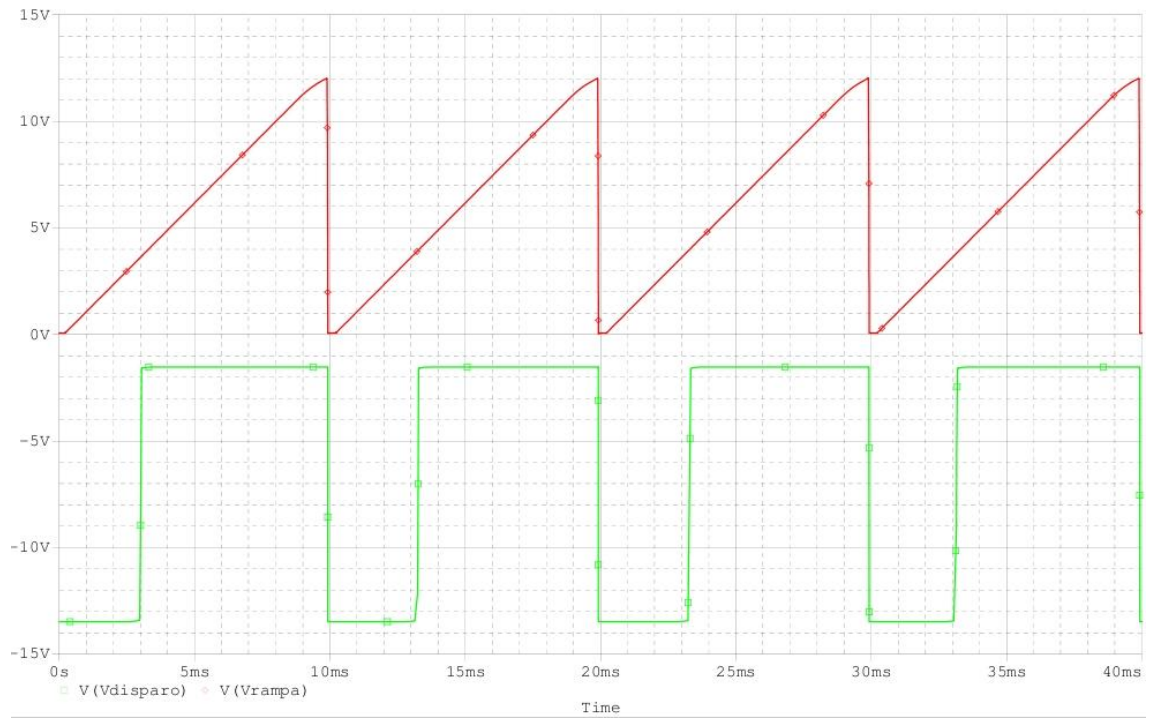
Simulación PSpice

Para $k=0,5$



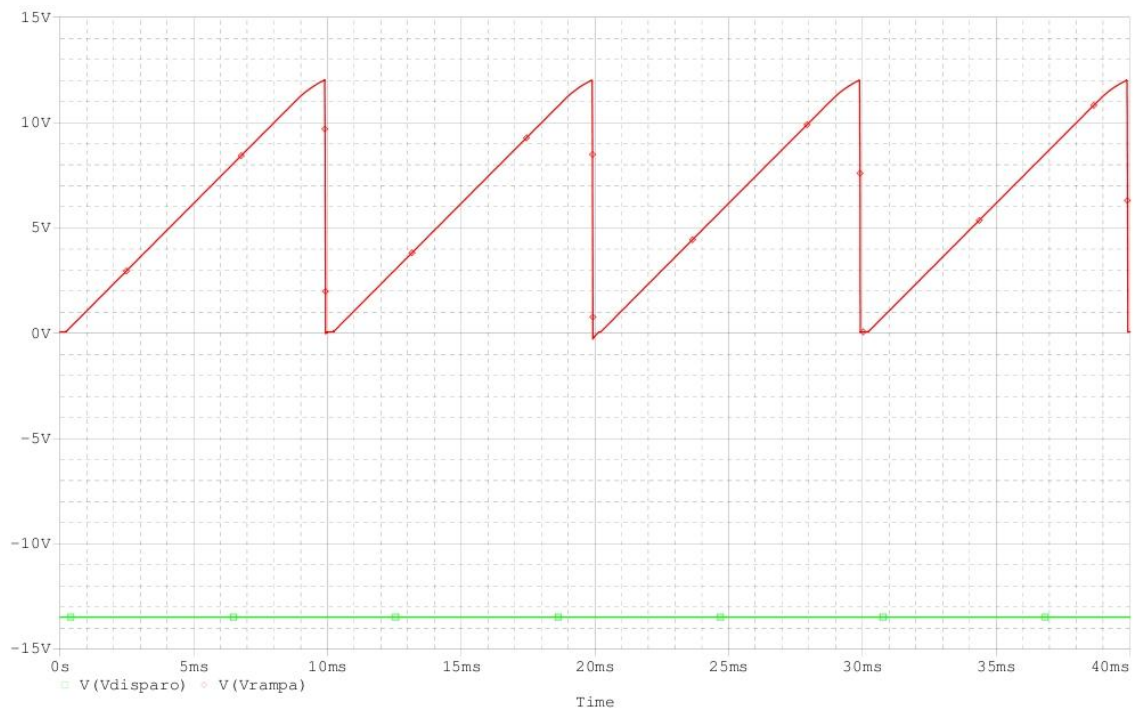
Simulación PSpice

Para $k=1$



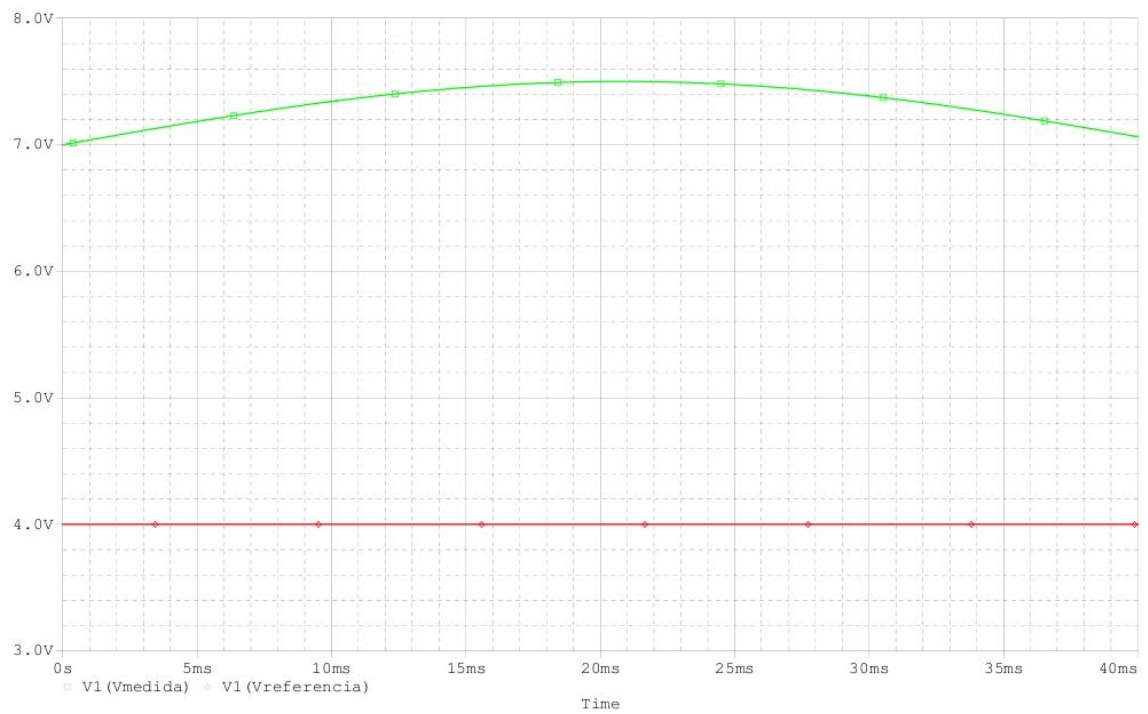
Simulación PSpice

Para $k=5$



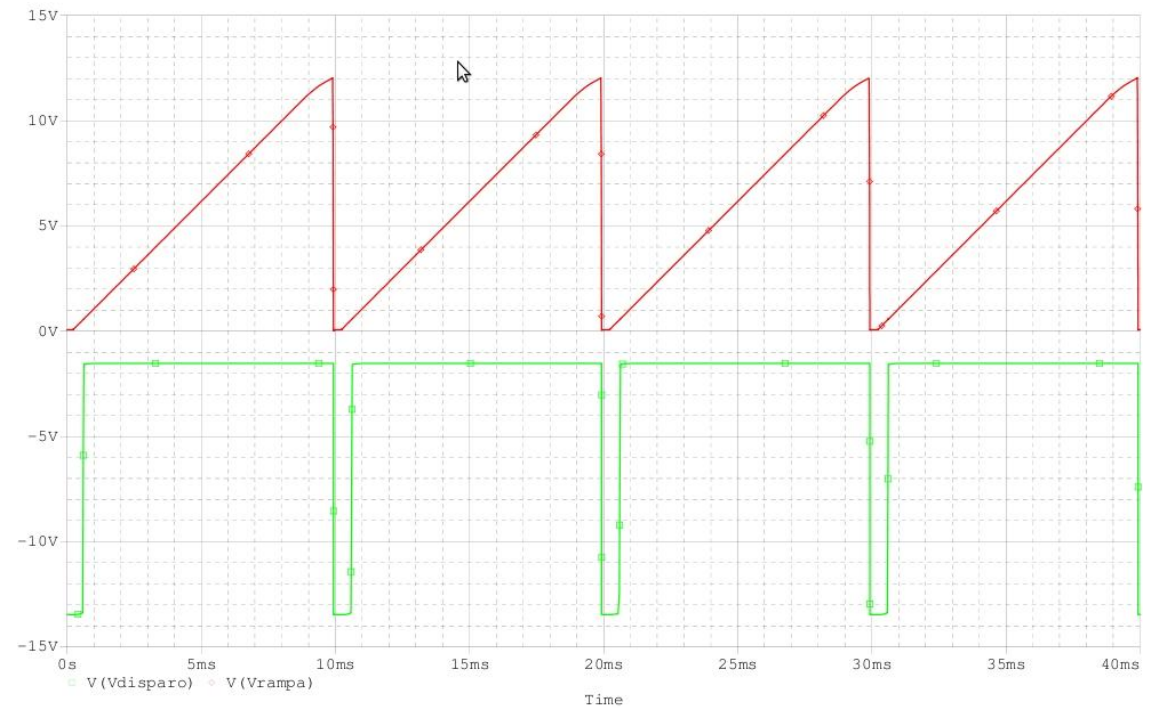
Simulación PSpice

3. Corriente de suministro superior a la de consigna



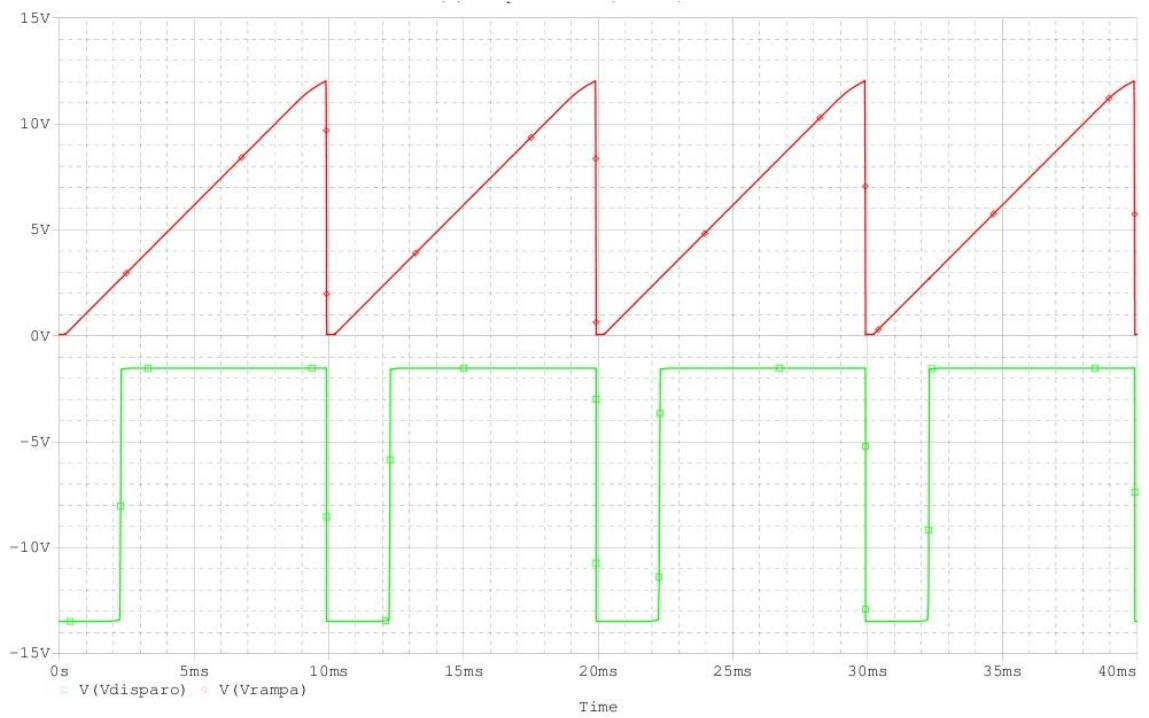
Simulación PSpice

Para $k=0,1$



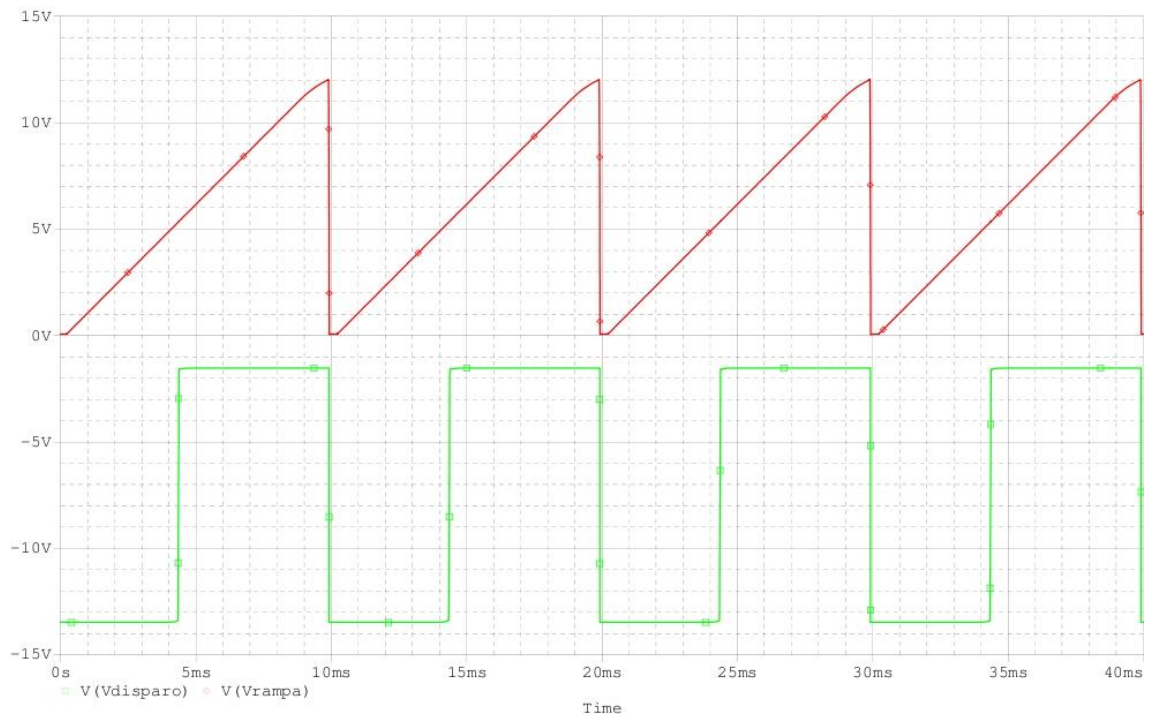
Simulación PSpice

Para $k=0,5$



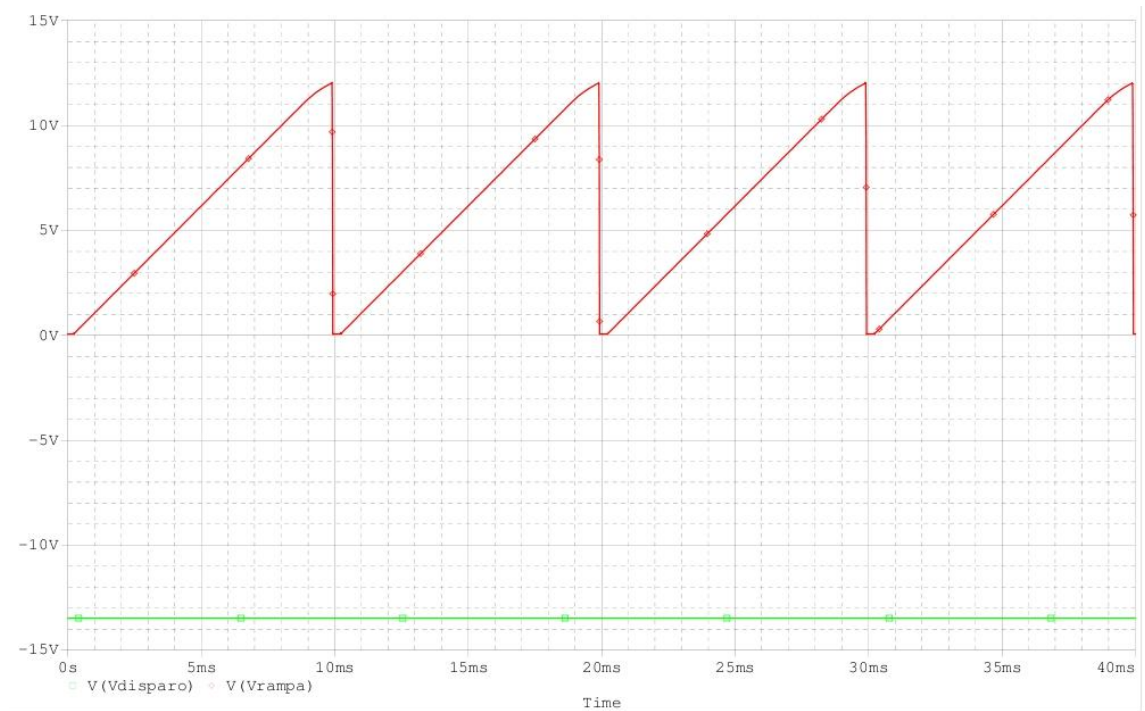
Simulación PSpice

Para $k=1$



Simulación PSpice

Para $k=5$



Simulación PSpice

5.3.3. CONSIDERACIONES A LA HORA DEL MONTAJE:

Ya que la implementación se va a realizar con AO's en cadena, en la forma: Restador, sumador e inversor, el circuito necesitará alimentación simétrica, ya que el primer restador debe poder operar con valores negativos para que la regulación funcione correctamente.

La alterna que se utilizará para alcanzar el sincronismo se deberá obtener de la misma fuente a regular, pero aislada con un transformador. Además toda la alimentación simétrica necesaria para hacer funcionar todos los amplificadores operacionales también deberá estar aislada mediante transformadores para obtener un completo aislamiento mediante los opto triacs. De esta manera tendremos todo el sistema de control perfectamente aislado de la parte de potencia.

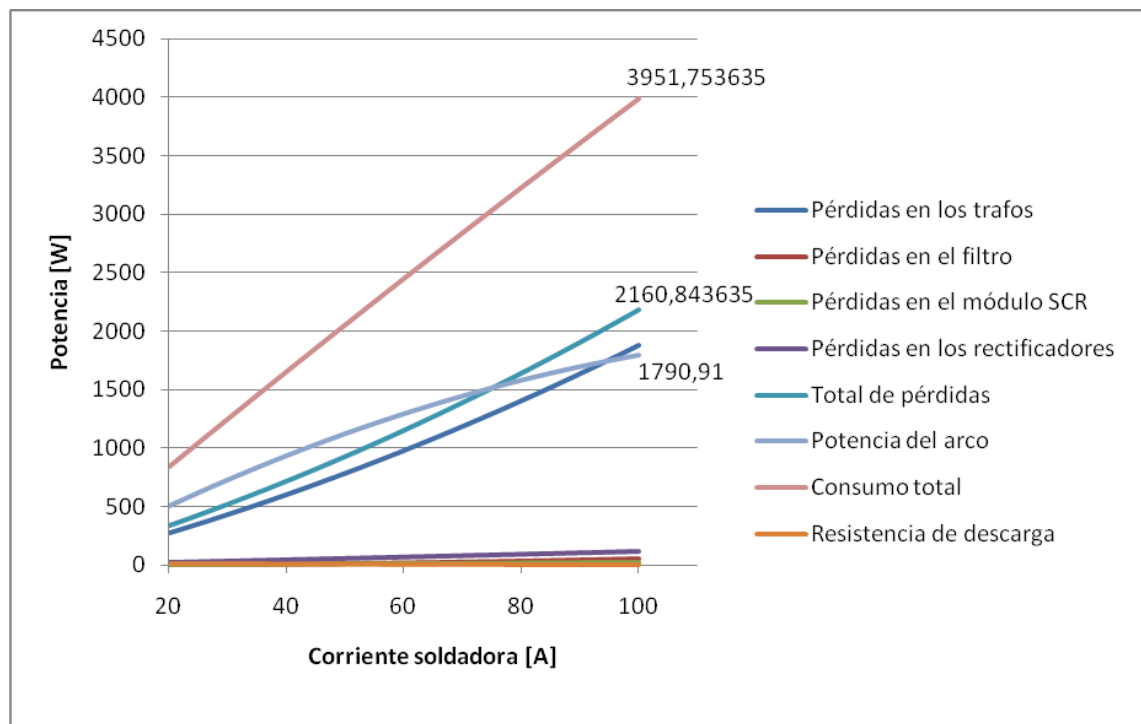
La tensión de aislamiento de los opto triacs debe ser de 2 a 3 veces la nominal ya que no están preparados para disparar cargas inductivas, y esto puede tener como consecuencia que superemos los requerimientos de velocidad crítica de elevación de tensión del triac y obtengamos disparos indeseados.

En la práctica resultó muy efectivo colocar varios en serie de forma que la tensión de bloqueo del conjunto alcanzara los valores predichos, así colocamos 3 opto acopladores idénticos que juntos sumaban una tensión de aislamiento de 1200V, cuyos diodos se encontraban en serie para un disparo simultáneo de los tres triacs.

6 CARACTERÍSTICAS GENERALES ELÉCTRICAS

6.1. BALANCE DE POTENCIA

Ahora que hemos calculado todas las pérdidas en los componentes, y sabemos que el voltaje del arco varía de unos 25 a 18 V según la corriente circulante, podemos generar una gráfica que incluya todas las pérdidas incluido la potencia disipada en el arco eléctrico:



Pérdidas en la soldadora en función de la corriente

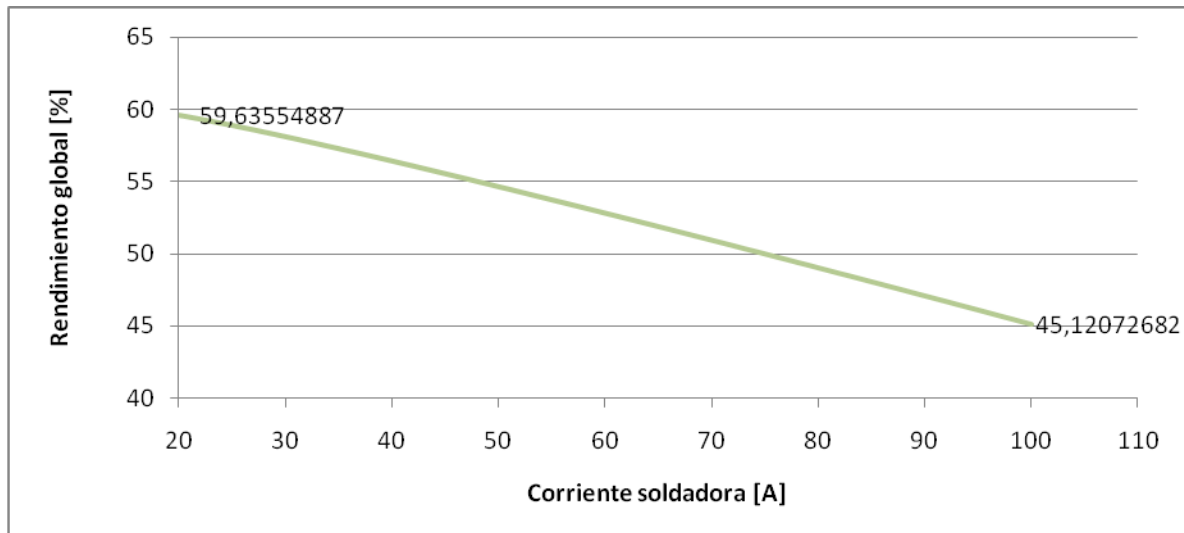
Se incluyen valores a partir de los 20 amperios ya que corrientes inferiores no tienen una aplicación práctica, y sin duda estabilizar el arco con corrientes tan bajas puede ser muy complicado.

Como se puede ver la potencia máxima consumida es 3945W, que si lo dividimos entre el factor de potencia 0,7 nos dará lo que tendrá que aportar la red, es decir 5636W, que se acerca mucho al primer cálculo que hicimos sobre consumos, el cual calculamos como 6kw.

De la misma forma, como adelantamos, la potencia en el arco eléctrico no sigue una progresión lineal, si no que la pendiente va disminuyendo progresivamente. Esto se debe a que a pesar de que la corriente en la soldadora si lo hace, el voltaje del arco voltaico no. Cuando entrega poca corriente el voltaje ronda los 25V, en cambio al entregar la máxima corriente puede bajar hasta los 18V. La explicación está en el aumento de caída de tensión en todos los componentes producida por el paso de una corriente mayor.

6.2. RENDIMIENTO

Dado que la potencia útil en nuestro caso será la consumida por el arco voltaico, podemos establecer una relación entre el rendimiento de la soldadora para todo el rango de valores de corriente al que podremos soldar:



Rendimiento vs corriente soldadura

De nuevo conforme la corriente aumenta el rendimiento también, lógico ya que la suma de las pérdidas crece a una mayor velocidad de lo que lo hace la potencia del arco, sin embargo, volviendo a la gráfica de las potencias resulta obvio destacar la principal causa: Las pérdidas en el transformador, y en mayor medida las pérdidas en el hierro, que como ya explicamos resultan inusualmente altas debido al diseño del transformador en el que se buscaba una alta potencia en un peso reducido, también por esta razón se complica rebobinar los transformadores con un cable de mayor sección que permita unas menores pérdidas en el cobre.

7 ESTUDIO DE VIABILIDAD

7.1. INTRODUCCIÓN

A medida que fuimos completando las distintas fases del proyecto nos dimos cuenta de que a día de hoy los componentes utilizados en este proyecto no estaban siendo reciclados de manera óptima. Por un lado, los hornos microondas son tirados a la basura cuando presentan algún fallo sin ni siquiera ser revisados puesto que su actual precio de mercado los hace muy asequibles. Y por otro, los componentes procedentes de sistemas de alimentación ininterrumpida u otros dispositivos parecidos son desechados cuando han sido infrutilizados debido a que sus ciclos de vida son muy cortos para poder satisfacer los estándares de calidad establecidos en la industria.

Es por eso que, tras proceder a la recogida de materiales y su testeo nos dimos cuenta de que en la mayoría de las ocasiones los materiales podían ser reutilizados para diferentes usos. De esta experiencia de recogida, modificación y reutilización de diversos materiales nos surgió la idea de plantear un proyecto de reciclaje y reutilizado de materiales con el fin de exportar la idea de este proyecto y fomentar otras iniciativas similares.

7.2. OBJETIVO

Estudiar la viabilidad económica de un proyecto de empresa que se dedique a la distribución de componentes electrónicos reutilizados.

7.3. OPORTUNIDAD DE NEGOCIO

A día de hoy, en un momento de crisis económica mundial, es un hecho que las empresas buscan cada vez precios más ajustados a la hora de buscar proveedores. Aquellos que sean capaces de ofrecer materiales que cumplan los estándares aceptados de calidad a un precio inferior del precio medio de mercado estarán en disposición de ganar clientes de forma sencilla. Aquellos clientes cuyos sistemas no son críticos y permiten una cierta tolerancia a fallos valorarán positivamente una reducción considerable del precio de los componentes electrónicos y les animará a la adquisición de materiales reutilizados. Asimismo, particulares aficionados a la electrónica y la electricidad, estudiantes o centros de enseñanza son clientes cuyas necesidades pueden ser cubiertas perfectamente por este tipo de materiales.

7.4. ANÁLISIS DEL PRODUCTO

Como se ha comentado anteriormente todos estos materiales reutilizados son recogidos de centros de eliminación de residuos y son desechados por las diferentes industrias durante operaciones de mantenimiento preventivo. En general los equipos de los que proceden estos materiales son equipos que son utilizados bajo condiciones de emergencia, por lo que en muchas ocasiones es material que apenas ha sido utilizado e incluso es nuevo.

Durante la realización del presente PFC hemos constatado que existe la posibilidad de recuperar numeroso material electrónico de diversa clase, especialmente componentes de electrónica de potencia tales como módulos SCR, diodos, puentes rectificadores, tiristores, IGBTs... además de otros componentes tales como baterías de condensadores de gran capacidad, etc.

Una vez recogido el material será necesario llevar a cabo una labor de clasificación y búsqueda de hojas de características, tras la cual y teniendo en cuenta las recomendaciones de los fabricantes se procederá a testear su funcionamiento.

Una vez completado este proceso podremos ofrecer dos productos diferenciados:

- Material electrónico cuyo funcionamiento se garantiza al 100%.
- Material sin garantías.

Además de la venta de productos en stock se establecerá un servicio de búsqueda de componentes descontinuados a petición del cliente.

7.5. CANAL DE DISTRIBUCIÓN

En cuanto al canal de distribución se opta por un modelo de comercio electrónico de forma que se creará una página web con la descripción de los distintos componentes disponibles desde la que se podrán realizar pedidos. Además con el fin de multiplicar las posibilidades de difusión de los productos se creará una "Tienda Ebay" desde la que con el apoyo y las herramientas del portal de compras Ebay se realizará la venta de los distintos productos.

7.6. ESTUDIO DE COSTES

Durante el desarrollo del proyecto hemos realizado la recogida de materiales nosotros mismos y utilizando nuestros propios recursos sin embargo, si pretendemos obtener una rentabilidad económica de nuestra idea debemos ponderar todos los factores que han permitido llevar a cabo el proyecto.

De esta forma, y en un primer momento, se hace necesario contar con los siguientes recursos, antes incluso de tener los primeros pedidos:

- Local donde almacenar el material recogido, procesarlo y dejarlo listo para su envío.
- Material eléctrico y herramientas.
- Vehículo que permita la recogida de los materiales de los diferentes centros de reciclaje.
- Al menos una persona capaz de realizar los procesos de recogida, procesado y embalaje del material.
- Una página web que permita dar información sobre la idea así como permita realizar la gestión de los pedidos.

Estas inversiones suponen sin duda una barrera de entrada sobre todo si no se cuenta con un socio inversor, si realizamos una primera aproximación tenemos los siguientes gastos fijos anuales estimados:

CONCEPTO	TOTAL
Alquiler Local (1)	5400 €
Gastos Corrientes	3600 €
Renting de vehículo (2)	3600 €
Material y herramientas	300 €
Creación y mantenimiento página web (3)	100 €
Gastos transporte	1200 €
Sueldos (4)	600 €
Imprevistos	1500 €
TOTAL	16300 €

1. Precio medio para un local de unos 50 m en un polígono del extrarradio de Madrid.
2. Precio medio para un vehículo comercial pequeño incluyendo el mantenimiento e impuestos.
3. Considerando los gastos de licencias de software y hosting, realizando la página web y su mantenimiento nosotros mismos
4. Considerando una ocupación de media jornada para un solo empleado.

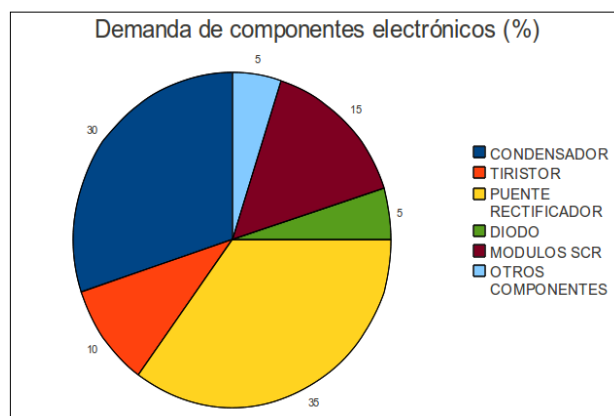
En cuanto a los costes variables, es algo difícil de cuantificar puesto que las empresas de reciclado de residuos valoran los componentes electrónicos como chatarra, en función de la cantidad de metal que pueden extraer de ellos. Bien es verdad que los procedimientos de extracción de metal de estos materiales no es para nada óptimo y a veces es muy complicado por lo que en muchas ocasiones hacen una estimación cualitativa basándose en la cantidad de cobre y aluminio que contienen dichos materiales. Tras la experiencia de este proyecto podemos establecer que de media cada componente electrónico puede tener un precio de entre 0,5 y 1 euro. Si bien podemos intentar establecer un acuerdo de suministro de forma que obtengamos un precio fijo para todos los componentes, en cualquier caso de ahora en adelante vamos a estimar un precio fijo por componente de 0,75 euros.

7.7. PRECIO DE VENTA

Para poder establecer el precio de venta de los distintos componentes, lo mejor es establecer como referencia los siguientes precios medios de mercado:

COMPONENTE	PRECIO MEDIO
Módulo SCR	200 €
Puente rectificador	100 €
Tiristor	80 €
Condensador	40 €
Diodos de potencia	25 €

Ahora debemos realizar una estimación de la cantidad media de componentes demandados para un año. Para ello hemos realizado una estimación cualitativa por medio de una investigación en foros de electrónica en los que la gente busca este tipo de componentes para diferentes proyectos, de esta forma podríamos establecer una distribución de la demanda como la siguiente:



Distribución de la demanda

Para poder ser competitivos y que los clientes superen las posibles reticencias a comprar material reutilizado el precio de venta debe ser un factor determinante, y podemos establecer como norma general un precio del 40 % del valor de mercado en caso de los componentes garantizados y de un 20 % del valor de mercado para componentes sin garantías. Esto nos daría la siguiente tabla de precios:

COMPONENTE	PRECIO COMP. GARAN.	PRECIO COMP. NO GARAN.
Módulo SCR	80 €	40 €
Puente rectificador	40 €	20 €
Tiristor	32 €	16 €
Condensador	16 €	8 €
Diodos de potencia	10 €	5 €
Otros componentes	10 €	5 €

Suponiendo una relación de la demanda entre componentes garantizados y no garantizados de 9/1 y para una demanda total anual estimada (para el primer año) de unos 500 componentes tendríamos los siguientes resultados:

COMPONENTE	CANT.	GARANT.	NO GARANT.	INGRESOS
Módulo SCR	75	67	8	5680 €
Puente rectificador	175	157	18	6640 €
Tiristor	50	45	5	1520 €
Condensador	150	135	15	2280 €
Diodos de potencia	25	22	3	235 €
Otros componentes	25	22	3	235 €



Muestra de componentes recogidos

Que da un total de 16590 € de ingresos por ventas, lo que arroja unos ingresos medios por unidad de 33,18 €. A partir de este dato y teniendo en cuenta que el coste por unidad es de 0,75 € y que los gastos fijos representan aproximadamente 16300 € podemos establecer unas pérdidas de -0,17 €.

7.8. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las premisas anteriores nos encontraríamos prácticamente en el punto de equilibrio, por lo que para que el proyecto pudiera salir adelante tendríamos que modificar alguna de ellas. Salir del punto de equilibrio vendrá dado por:

- Aumento de precios, lo cual implica una disminución de la competitividad del proyecto puesto que el precio es un factor determinante.
- Aumento de la demanda, lo cual es algo complicado de conseguir, puesto que es un mercado muy estático y los clientes potenciales no varían demasiado.
- Disminución de los costes fijos, si bien esto es tremendamente complicado puesto que se han ajustado al máximo. Con lo que salvo que se puedan evitar esos gastos no será posible reducirlos.

Debido a esto, se hace muy complicado considerar viable económicamente hablando el proyecto salvo que, ya se cuente con un local, un vehículo y herramientas. En ese caso, que es como hemos trabajado durante el proyecto podríamos obtener el siguiente cuadro de costes fijos:

CONCEPTO	TOTAL
Gastos Corrientes	3600 €
Mantenimiento vehículo	200 €
Material y herramientas	150 €
Creación y mantenimiento página web	100 €
Gastos transporte	1200 €
Sueldos	600 €
Imprevistos	1500 €
TOTAL	7350 €

De esta forma reducimos los costes fijos algo más que la mitad y podemos establecer un beneficio por unidad vendida de unos 17,73 € dando un total de 8865 € anuales. Este margen de beneficio arroja una rentabilidad el primer año cercana al 120%, algo que ningún banco ofrece actualmente.

A partir de estos datos podemos concluir que sólo si disponemos de una mínima infraestructura podremos plantearnos desarrollar a cabo este proyecto y que quizá lo más interesante sería asociarse con las plantas de reciclado para que integren este proyecto dentro de sus líneas de negocio de forma que en sus propias instalaciones se realice todo el proceso, de esta manera se disminuirían además los gastos fijos (ya no sería necesario ni siquiera un vehículo y en estas plantas se disponen de toda las herramientas necesarias) y se maximizaría el beneficio.

Además como planes de futuro, deberíamos tener en cuenta que en las plantas de tratamiento de este tipo de residuos no solo podemos encontrar material electrónico para reutilizar sino que, además, hay numeroso material de otro tipo fácilmente recuperable. Ejemplos de estos materiales son sistemas de refrigeración pasivos (disipadores), ventiladores, motores eléctricos... que, siguiendo el mismo modelo de recuperación y venta pueden hacer mejorar los ingresos.

Ante esta perspectiva, cuesta comprender que a día de hoy todos estos materiales se compran y vendan a precio de chatarra, cuando contando con personal entrenado para una correcta detección, clasificación y testeo de los diversos componentes que se desechan las plantas de tratamiento de residuos, podrían aumentar sus beneficios realizando un reciclado mucho mas óptimo.

8 SOLDADURA ELÉCTRICA: NORMAS DE SEGURIDAD

8.1. INTRODUCCIÓN

Dentro del campo de la soldadura industrial, la soldadura eléctrica manual al arco con electrodo revestido es la más utilizada. Para ello se emplean máquinas eléctricas de soldadura que básicamente consisten en transformadores que permiten modificar la corriente de la red de distribución, en una corriente tanto alterna como continua de tensión más baja, ajustando la intensidad necesaria según las características del trabajo a efectuar.

Los trabajos con este tipo de soldadura conllevan una serie de riesgos entre los que destacan los relacionados con el uso de la corriente eléctrica, los contactos eléctricos directos e indirectos; además existen otros que también se relacionan en esta NTP, cuyo objetivo es dar a conocer las características técnicas básicas de la soldadura eléctrica, los riesgos y sus factores de riesgo y los sistemas de prevención y protección. Además se dan normas de seguridad para la organización segura del puesto de trabajo, los equipos de protección individual y el mantenimiento e inspección del material

8.1.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

8.1.1.1. ARCO ELÉCTRICO

Para unir dos metales de igual o parecida naturaleza mediante soldadura eléctrica al arco es necesario calor y material de aporte (electrodos). El calor se obtiene mediante el mantenimiento de un arco eléctrico entre el electrodo y la pieza a soldar (masa) (fig. 1). En este arco eléctrico a cada valor de la intensidad de corriente, corresponde una determinada tensión en función de su longitud. La relación intensidad/tensión nos da la característica del arco. Para el encendido se necesita una tensión comprendida entre 40 y 110 V; esta tensión va descendiendo hasta valores de mantenimiento comprendidos entre 15 y 35 V, mientras que la intensidad de corriente aumenta notablemente, presentando todo el sistema una característica descendente, lo que unido a la limitación de la intensidad de corriente cuando el arco se ha cebado exige, para el perfecto control de ambas variables, la utilización de las máquinas eléctricas de soldadura.

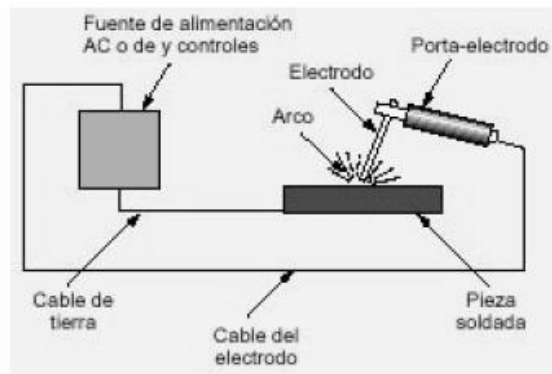


Fig. 1: Esquema del proceso de soldadura eléctrica al arco

8.1.1.2. EQUIPOS ELÉCTRICOS DE SOLDAR

Están formadas por el circuito de alimentación y el equipo propiamente dicho. Sirven para reducir la tensión de red (220 o 380 V) a la tensión de cebado (entre 40 y 100 V) y de soldeo (< 35 V) permitiendo regular la intensidad de la corriente de soldadura, asegurando el paso de la tensión de cebado a la de soldeo de forma rápida y automática. El circuito de alimentación está compuesto por un cable y clavija de conexión a la red y funcionando a la tensión de 220/380 V según los casos e intensidad variable.

8.1.1.3. EQUIPO DE SOLDADURA

En función del tipo de corriente del circuito de soldeo el equipo consta de partes diferentes. En equipos de corriente alterna, transformador y convertidor de frecuencia; en equipos de corriente continua, rectificador (de lámparas o seco) y convertidor (conmutatrices o grupos eléctricos).

Los equipos eléctricos de soldar más importantes son los convertidores de corriente alterna-continua y corriente continua-continua, los transformadores de corriente alterna-corriente alterna, los rectificadores y los transformadores convertidores de frecuencia. Además de tales elementos existen los cables de pinza y masa, el portaelectrodos y la pinza-masa, a una tensión de 40 a 100 V, que constituyen el circuito de soldeo.

8.1.1.4. ELEMENTOS AUXILIARES

Los principales son los electrodos, la pinza portaelectrodos, la pinza de masa y los útiles.

El electrodo es una varilla con un alma de carbón, hierro o metal de base para soldeo y de un revestimiento que lo rodea. Forma uno de los polos del arco que engendra el calor de fusión y que en el caso de ser metálico suministra asimismo el material de aporte.

Existen diversos tipos pero los más utilizados son los electrodos de revestimiento grueso o recubiertos en los que la relación entre el diámetro exterior del revestimiento y el del alma es superior a 1:3. El

revestimiento está compuesto por diversos productos como pueden ser: óxidos de hierro o manganeso, ferromanganeso, rutilo, etc.; como aglutinantes se suelen utilizar silicatos alcalinos solubles.

La pinza portaelectrodos sirve para fijar el electrodo al cable de conducción de la corriente de soldeo.

La pinza de masa se utiliza para sujetar el cable de masa a la pieza a soldar facilitando un buen contacto entre ambos.

Entre **los útiles**, además de los martillos, tenazas, escoplos, etc. el soldador utiliza cepillos de alambre de acero para limpieza de superficies y martillos de punta para romper la cubierta de las escorias o residuos.

8.1.2. RIESGOS Y FACTORES DE RIESGO

8.1.2.1. RIESGOS DE ACCIDENTE

Los principales riesgos de accidente son los derivados del empleo de la corriente eléctrica, las quemaduras y el incendio y explosión.

El **contacto eléctrico** directo puede producirse en el circuito de alimentación por deficiencias de aislamiento en los cables flexibles o las conexiones a la red o a la máquina y en el circuito de soldadura cuando está en vacío (tensión superior a 50 V).

El **contacto eléctrico indirecto** puede producirse con la carcasa de la máquina por algún defecto de tensión.

Las **proyecciones en ojos** y las quemaduras pueden tener lugar por proyecciones de partículas debidas al propio arco eléctrico y las piezas que se están soldando o al realizar operaciones de descascariado

La **explosión e incendio** puede originarse por trabajar en ambientes inflamables o en el interior de recipientes que hayan contenido líquidos inflamables o bien al soldar recipientes que hayan contenido productos inflamables.

8.1.2.2. RIESGOS HIGIÉNICOS

Básicamente son tres: la exposiciones a radiaciones ultravioleta y luminosas, la exposición a humos y gases y la intoxicación por fosgeno.

Las exposiciones a radiaciones ultravioleta y luminosas son producidas por el arco eléctrico.

La **inhalación de humos** y gases tóxicos producidos por el arco eléctrico es muy variable en función del tipo de revestimiento del electrodo o gas protector y de los materiales base y de aporte y pue-

de consistir en exposición a humos (óxidos de hierro, cromo, manganeso, cobre, etc.) y gases (óxidos de carbono, de nitrógeno, etc).

Finalmente, puede ocurrir **intoxicación por fosgeno** cuando se efectúan trabajos de soldadura en las proximidades de cubas de desengrase con productos clorados o sobre piezas húmedas con dichos productos.

8.2. SISTEMAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

8.2.1. CONTACTOS ELÉCTRICOS DIRECTOS E INDIRECTOS

8.2.1.1. EQUIPO DE SOLDAR

La máquina de soldar puede protegerse mediante dos sistemas, uno electromecánico (fig. 2 Sistema de protección electromecánica) que consiste en introducir una resistencia en el primario del transformador de soldadura (resistencia de absorción) para limitar la tensión en el secundario cuando está en vacío y otro electrónico (fig. 3 Sistema de protección electrónica) que se basa en limitar la tensión de vacío del secundario del transformador introduciendo un TRIAC en el circuito primario del grupo de soldadura. En ambos casos se consigue una tensión de vacío del grupo de 24 V, considerada tensión de seguridad.

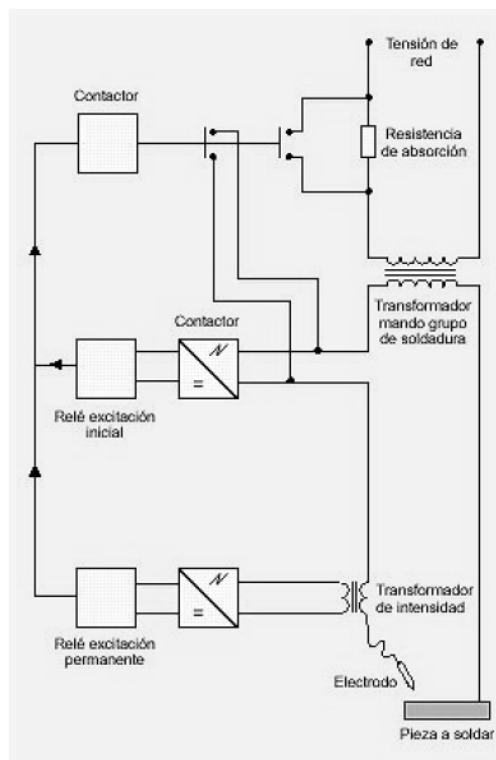


Fig. 2: Sistema de protección electromecánica

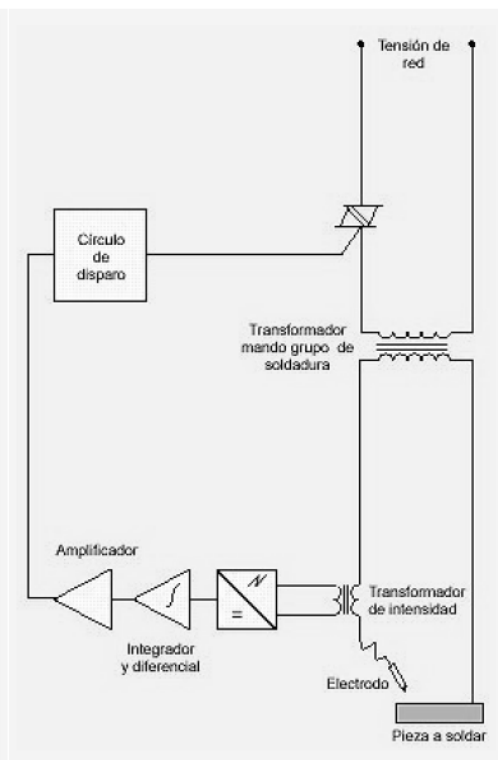


Fig. 3: Sistema de protección electrónica

8.2.1.2. PINZA PORTAELECTRODOS

La pinza debe ser la adecuada al tipo de electrodo utilizado y que además sujete fuertemente los electrodos. Por otro lado debe estar bien equilibrada por su cable y fijada al mismo de modo que mantenga un buen contacto. Asimismo el aislamiento del cable no se debe estropear en el punto de empalme.

8.2.1.3. CIRCUITO DE ACOMETIDA

Los cables de alimentación deben ser de la sección adecuada para no dar lugar a sobrecalentamientos. Su aislamiento será suficiente para una tensión nominal > 1000 V. Los bornes de conexión de la máquina y la clavija de enchufe deben estar aislados.

8.2.1.4. CIRCUITO DE SOLDADURA

Los cables del circuito de soldadura al ser más largos deben protegerse contra proyecciones incandescentes, grasas, aceites, etc., para evitar arcos o circuitos irregulares.

8.2.1.5. CARCASA

La carcasa debe conectarse a una toma de tierra asociada a un interruptor diferencial que corte la corriente de alimentación en caso de que se produzca una corriente de defecto.

8.2.1.6. RADIACIONES ULTRAVIOLETA Y LUMINOSAS

Se deben utilizar mamparas de separación de puestos de trabajo para proteger al resto de operarios. El material debe estar hecho de un material opaco o translúcido robusto. La parte inferior debe estar al menos a 50 cm del suelo para facilitar la ventilación. Se debería señalar con las palabras: PELIGRO ZONA DE SOLDADURA, para advertir al resto de los trabajadores (fig. 4).

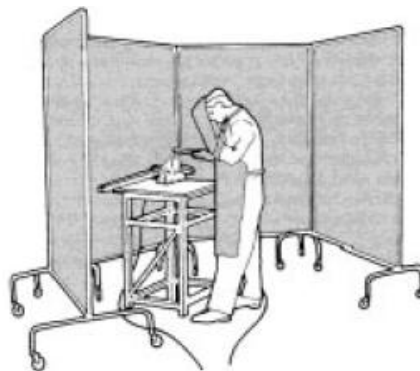


Fig. 4: Mampara de separación

El soldador debe utilizar una pantalla facial con certificación de calidad para este tipo de soldadura, utilizando el visor de cristal inactivo-

co cuyas características varían en función de la intensidad de corriente empleada. Para cada caso se utilizará un tipo de pantalla, filtros y placas filtrantes que deben reunir una serie de características función de la intensidad de soldeo y que se recogen en tres tablas; en una primera tabla se indican los valores y tolerancias de transmisión de los distintos tipos de filtros y placas filtrantes de protección ocular frente a la luz de intensidad elevada. Las definiciones de los factores de transmisión vienen dadas en la ISO 4007 y su determinación está descrita en el cap. 5 de la ISO 4854. Los factores de transmisión de los filtros utilizados para la soldadura y las técnicas relacionadas vienen relacionadas en la Tabla 1 de la ISO 4850. En las pantallas deberá indicar clara e indeleblemente la intensidad de la corriente en amperios para la cual está destinada.

Tabla 1. Especificaciones de transmisión (ISO 48501979)

Nº DE ESCALA	TRANSMISIÓN MAX. EN EL ESPECTRO ULTRAVIOLETA $\tau(\lambda)$		TRANSMISIÓN EN LA BANDA VISIBLE DEL ESPECTRO τ_v		VALOR MEDIO MÁXIMO DE LA TRANSMISIÓN INFRARROJA	
	313 nm %	365 nm %	max %	min %	τ_{NIR} IR próximo 1.300 a 780 nm %	τ_{MIR} IR medio 2.000 a 1.300 nm %
1,2	0,0003	50	100	74,4	37	37
1,4	0,0003	35	74,4	58,1	33	33
1,7	0,0003	22	58,1	43,2	26	26
2,0	0,0003	14	43,2	29,1	21	13
2,5	0,0003	6,4	29,1	17,8	15	9,6
3	0,0003	2,8	17,8	8,5	12	8,5
4	0,0003	0,95	8,5	3,2	6,4	5,4
5	0,0003	0,30	3,2	1,2	3,2	3,2
6	0,0003	0,10	1,2	0,44	1,7	1,9
7	0,0003	0,037	0,44	0,16	0,81	1,2
8	0,0003	0,013	0,16	0,061	0,43	0,68
9	0,0003	0,0045	0,061	0,023	0,20	0,39
10	0,0003	0,0016	0,023	0,0085	0,10	0,25
11	Nota 1	0,00060	0,0085	0,0032	0,050	0,15
12		0,00020	0,0032	0,0012	0,027	0,096
13		0,000076	0,0012	0,00044	0,014	0,060
14		0,000027	0,00044	0,00016	0,007	0,04
15		0,0000094	0,00016	0,000061	0,003	0,02
16		0,0000034	0,000061	0,000029	0,003	0,02

NOTA 1. Valor inferior o igual al factor de transmisión admitido para 365 nm

Especificaciones complementarias:

- Entre 210 y 313 nm, la transmisión no debe sobrepasar el valor admisible para 313 nm.
- Entre 313 y 365 nm, la transmisión no debe sobrepasar el valor admisible para 365 nm.
- Entre 365 y 400 nm, la transmisión espectral media no debe sobrepasar la transmisión media en la banda visible tv.

Por otro lado para elegir el filtro adecuado (nº de escala) en función del grado de protección se utiliza otra tabla que relaciona los procedimientos de soldadura o técnicas relacionadas con la intensidad de corriente en amperios. Se puede observar que el número de escala exigido aumenta según se incrementa la intensidad. Ver tabla 2.

Tabla 2. Grado de protección de los filtros para soldadura eléctrica al arco ($5 A \leq I \leq 500 A$)

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA O TÉCNICAS RELACIONADAS	INTENSIDADES DE LA CORRIENTE EN AMPERIOS																			
	0,5	1	2,5	5	10	15	20	30	40	60	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300
Electrodos recubiertos								9	10			11			12				13	14
MIG sobre metales pesados											10	11			12				13	14
MIG sobre aleaciones ligeras											10	11		12		13			14	15
TIG sobre todos los metales y aleaciones					9	10		11		12		13		14						
MAG									10	11	12		13		14					15
Ranurado por arco de aire												10	11	12	13	14	15			
Corte por chorro de plasma											11		12		13					
Soldadura por arco de microplasma	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13		14					15

NOTAS:

- Según las condiciones de iluminación ambiental, pueden usarse un grado de protección inmediatamente superior o inferior al indicado en la tabla.
- La expresión metales pesados abarca los aceros y sus aleaciones, el cobre y sus aleaciones, etc.
- Las zonas sombreadas corresponden a procedimientos de soldadura que no se utilizan en la práctica habitual.
- Las columnas que delimitan los grados de protección deben leerse de la forma siguiente: Límite inferior < I = Límite superior.

En relación con la tabla 2 explicamos el significado de las abreviaciones o conceptos utilizados:

- MIG: Arco con protección de gas inerte, la transferencia de metal tiene lugar por pulverización axial.
- MAG: Arco con protección de anhídrido carbónico puro o mezclado.
- TIG: Arco con electrodo de tungsteno con protección de gas inerte.
- Ranurado por arco de aire: Empleo de un electrodo de carbono y un chorro de aire comprimido para eliminar el metal en fusión.

8.3. PROYECCIONES Y QUEMADURAS

Se deben emplear mamparas metálicas de separación de puestos de trabajo para que las proyecciones no afecten a otros operarios. El soldador debe utilizar pantalla de protección. El filtro de cristal inactínico debe ser protegido mediante la colocación en su parte anterior de un cristal blanco.

8.4. EXPOSICIÓN A HUMOS Y GASES

Se debe instalar un sistema de extracción localizada por aspiración que capta los vapores y gases en su origen con dos precauciones: en primer lugar, instalar las aberturas de extracción lo más cerca posible del lugar de soldadura; en segundo, evacuar el aire contaminado hacia zonas donde no pueda contaminar el aire limpio que entra en la zona de operación. Describimos cuatro formas de instalar sistemas de extracción localizada.

La campana móvil es un sistema de aspiración mediante conductos flexibles. Hace circular el aire sobre la zona de soldadura a una velocidad de al menos 0,5 m/s. Es muy importante situar el conducto lo más cerca posible de la zona de trabajo (Fig. 5). Sistema de extracción por campana móvil.

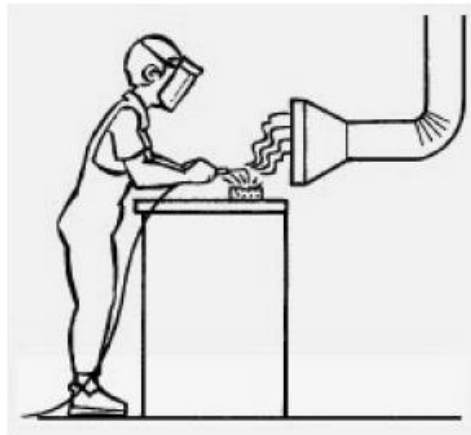


Fig. 5: Sistema de extracción por campana móvil

La mesa con aspiración descendente consiste en una mesa con una parrilla en la parte superior. El aire es aspirado hacia abajo a través de la parrilla hacia el conducto de evacuación. La velocidad del aire debe ser suficiente para que los vapores y los gases no contaminen el aire respirado. Las piezas no deben ser demasiado grandes para no cubrir completamente el conducto e impedir el efecto de extracción (Fig. 6).

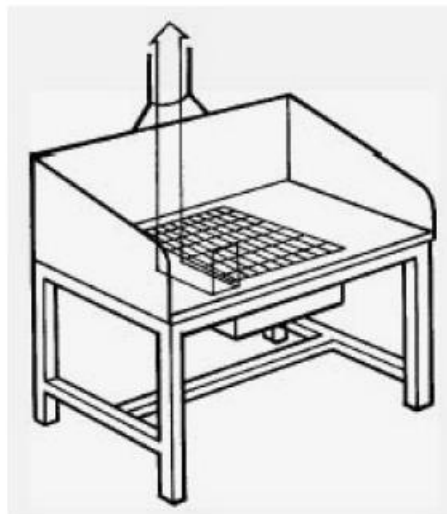


Fig. 6: Sistema de extracción mediante banco con aspiración ascendente

Un recinto acotado consiste en una estructura con techo y dos lados que acotan el lugar donde se ejecutan las operaciones de soldadura. El aire fresco llega constantemente al recinto. Este sistema hace circular el aire a una velocidad mínima de 0,5 m/s. (Fig. 7).

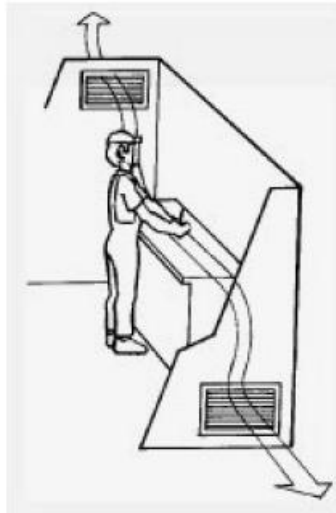


Fig. 7: Sistema de extracción mediante un recinto acotado

Los conductos de extracción constan de una entrada de gas inerte que circula por un tubo hacia la zona de soldadura y luego junto con los vapores y gases es conducido por un tubo de salida hacia la cámara de extracción y después al sistema de evacuación (Fig. 8).

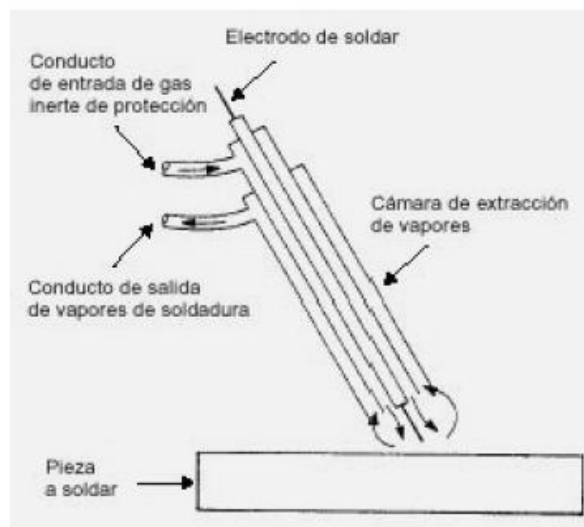


Fig. 8: Esquema de sistema de extracción mediante conductos

Cuando la soldadura se efectúe en recintos cerrados de pequeñas dimensiones y sin ventilación, el soldador deberá estar equipado con un equipo autónomo o con suministro de aire desde el exterior que además cumplirá con la protección contra las radiaciones.

8.5. INTOXICACIÓN POR FOSGENO

No se deben realizar operaciones de soldadura en las proximidades de cubas de desengrase con productos clorados o sobre piezas húmedas.

8.6. NORMAS DE SEGURIDAD

Un entorno seguro requiere una serie de normas que se detallan a continuación (Fig. 9)

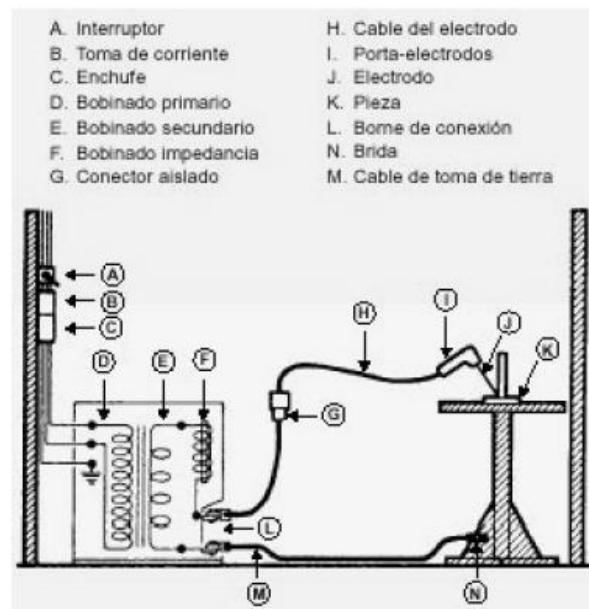


Fig. 9: Instalación segura de un puesto de soldadura CA con transformador

8.6.1. PUESTA A TIERRA

La instalación de las tomas de la puesta a tierra se debe hacer según las instrucciones del fabricante. Es preciso asegurarse de que el chasis del puesto de trabajo está puesto a tierra controlando en especial las tomas de tierra y no utilizar para las tomas de la puesta a tierra conductos de gas, líquidos inflamables o eléctricos.

La toma de corriente y el casquillo que sirve para unir el puesto de soldadura a la fuente de alimentación deben estar limpios y exentos de humedad. Antes de conectar la toma al casquillo se debe cortar la corriente. Una vez conectada se debe permanecer alejado de la misma. Cuando no se trabaje se deben cubrir con capuchones la toma y el casquillo.

8.6.2. CONEXIONES Y CABLES

Se debe instalar el interruptor principal cerca del puesto de soldadura para en caso necesario poder cortar la corriente. Instalar los principales cables de alimentación en alto y conectarlos posteriormente.

Desenrollar el cable del electrodo antes de utilizarlo, verificando los cables de soldadura para comprobar que su aislamiento no ha sido dañado y los cables conductores para descubrir algún hilo desnudo. Verificar asimismo

los cables de soldadura en toda su longitud para comprobar su aislamiento, comprobando que el diámetro del cable de soldadura es suficiente para soportar la corriente necesaria. Hay que tener en cuenta que a medida que la longitud total del cable aumenta, disminuye su capacidad de transporte de corriente. Por tanto para según qué casos se deberá aumentar el grosor del cable.

Se debe reemplazar cualquier cable de soldadura que presente algún tipo de ligadura a menos de 3 m del portaelectrodos. No utilizar tornillos para fijar conductores trenzados pues acaban por desapretarse.

8.7. MONTAJE CORRECTO DEL PUESTO DE TRABAJO

8.7.1. RECOMENDACIONES

Se deben alejar los hilos de soldadura de los cables eléctricos principales para prevenir el contacto accidental con el de alta tensión así como cubrir los bornes para evitar un posible cortocircuito causado por un objeto metálico (fig. 10) y situar el material de forma que no sea accesible a personas no autorizadas.

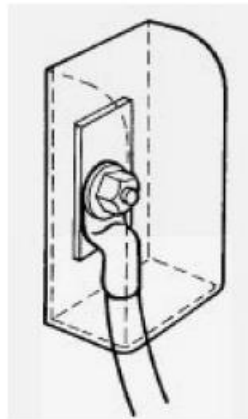


Fig. 10: Carcasa protectora de los bornes

Las tomas de corriente deben situarse en lugares que permitan su desconexión rápida en caso de emergencia y comprobar que el puesto de trabajo está puesto a tierra.

El puesto de soldadura debe protegerse de la exposición a gases corrosivos, partículas incandescentes provocadas por la soldadura o del exceso de polvo; el área de trabajo debe estar libre de materias combustibles. Si algún objeto combustible no puede ser desplazado, debe cubrirse con material ignífugo. Debe disponerse de un extintor apropiado en las proximidades de la zona de trabajo.

8.7.2. PROHIBICIONES

No se deben bloquear los pasillos. Los conductores deben estar situados en alto o recubiertos para no tropezar con ellos. Los cables y conductores no deben obstruir los pasillos, escaleras u otras zonas de paso (fig. 11). El puesto de soldadura no debe situarse cerca de puentes-grúa o sobre los pasillos.

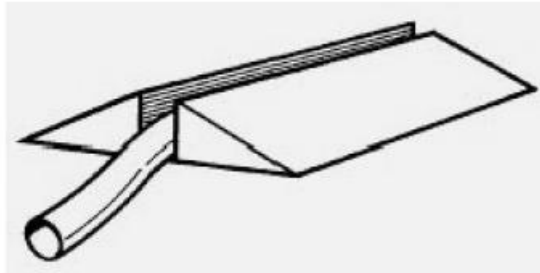


Fig. 11: Sistema de protección de cables situados sobre el suelo en zona de paso

La toma de tierra no debe unirse a cadenas, cables de un montacargas o tornos. Tampoco se debe unir a tuberías de gas, líquidos inflamables o conducciones que contengan cables eléctricos.

Se debe evitar que el puesto de soldadura esté sobre zonas húmedas y en cualquier caso se debe secar adecuadamente antes de iniciar los trabajos. Las conducciones de agua de refrigeración deben instalarse de forma que formen un bucle que permita gotear el agua de condensación o en caso de fuga (fig. 12).

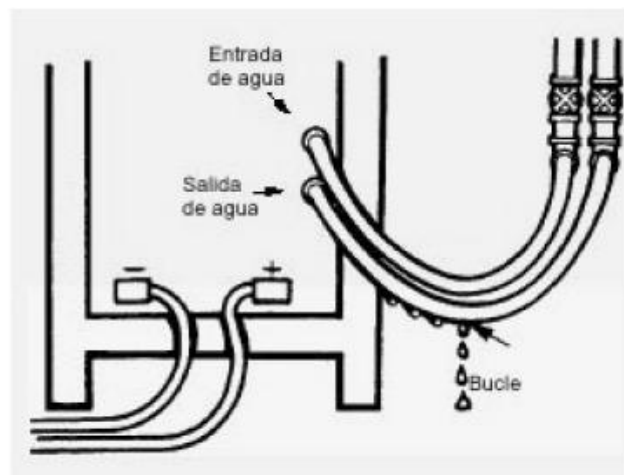


Fig. 12: Instalación correcta de las conducciones del agua de refrigeración

Los cables no deben someterse a corrientes por encima de su capacidad nominal ni enrollarse alrededor del cuerpo.

8.7.3. UTILIZACIÓN SEGURA DEL MATERIAL AUXILIAR DE SOLDADURA

La utilización segura del material de soldadura puede influir en la seguridad de los trabajos de soldadura. Se dan una serie de recomendaciones y prohibiciones relacionadas con la utilización.

8.7.3.1. RECOMENDACIONES

La base de soldar debe ser sólida y estar apoyada sobre objetos estables. El cable de soldar debe mantenerse con una mano y la soldadura se debe ejecutar con la otra.

Los portaelectrodos se deben almacenar donde no puedan entrar en contacto con los trabajadores, combustibles o posibles fugas de gas comprimido.

Cuando los trabajos de soldadura se deban interrumpir durante un cierto periodo se deben sacar todos los electrodos de los portaelectrodos, desconectando el puesto de soldar de la fuente de alimentación.

No utilizar electrodos a los que les quede entre 38 y 50 mm; en caso contrario se pueden dañar los aislantes de los portaelectrodos pudiendo provocar un cortocircuito accidental.

Los electrodos y sus portaelectrodos se deben guardar bien secos. Si antes de ser utilizados están mojados o húmedos por cualquier razón, deben secarse totalmente antes de ser reutilizados.

Situarse de forma que los gases de soldadura no lleguen directamente a la pantalla facial protectora y proteger a los otros trabajadores del arco eléctrico mediante pantallas o mamparas opacas; llevar ropa, gafas y calzado de protección.

La escoria depositada en las piezas soldadas debe picarse con un martillo especial de forma que los trozos salgan en dirección contraria al cuerpo. Previamente se deben eliminar de las escorias las posibles materias combustibles que podrían inflamarse al ser picadas.

8.7.3.2. PROHIBICIONES

No sustituir los electrodos con las manos desnudas, con guantes mojados o en el caso de estar sobre una superficie mojada o puesta a tierra; tampoco se deben enfriar los portaelectrodos sumergiéndolos en agua.

No se deben efectuar trabajos de soldadura cerca de lugares donde se estén realizando operaciones de desengrasado, pues pueden formarse gases peligrosos. Tampoco se permitirá soldar en el interior de contenedores, depósitos o barriles mientras no hayan sido limpiados completamente y desgasificados con vapor. Es conveniente también prever una toma de tierra local en la zona de trabajo.

No accionar el conmutador de polaridad mientras el puesto de soldadura esté trabajando; se debe cortar la corriente previamente antes de cambiar la polaridad.

8.8. EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

8.8.1. EQUIPO Y ROPA

El equipo de protección individual está compuesto por: pantalla de protección de la cara y ojos; guantes de cuero de manga larga con las costuras en su interior; mandil de cuero; polainas; calzado de seguridad tipo bota, preferiblemente aislante; casco y/o cinturón de seguridad, cuando el trabajo así lo requiera.

La ropa de trabajo será de pura lana o algodón ignífugo. Las mangas serán largas con los puños ceñidos a la muñeca; además llevará un collarín que proteja el cuello. Es conveniente que no lleven bolsillos y en caso contrario deben poderse cerrar herméticamente. Los pantalones no deben tener dobladillo, pues pueden retener las chipas producidas, pudiendo introducirse en el interior del calzado de seguridad.

8.8.2. NORMAS DE UTILIZACIÓN Y MANTENIMIENTO

El soldador debe tener cubiertas todas las partes del cuerpo antes de iniciar los trabajos de soldadura. La ropa manchada de grasa, disolventes o cualquier otra sustancia inflamable debe ser desechada inmediatamente; asimismo la ropa húmeda o sudorada se hace conductora por lo que debe también ser cambiada ya que en esas condiciones puede ser peligroso tocarla con la pinza de soldar. Por añadidura no deben realizarse trabajos de soldadura lloviendo, o en lugares conductores, sin la protección eléctrica adecuada.

Antes de soldar se debe comprobar que la pantalla o careta no tiene rendijas que dejen pasar la luz, y que el cristal contra radiaciones es adecuado a la intensidad o diámetro del electrodo.

Los ayudantes de los soldadores u operarios próximos deben usar gafas especiales con cristales filtrantes adecuados al tipo de soldadura a realizar. Para colocar el electrodo en la pinza o tenaza, se deben utilizar siempre los guantes. También se usarán los guantes para coger la pinza cuando esté en tensión.

En trabajos sobre elementos metálicos, es necesario utilizar calzado de seguridad aislante. Para los trabajos de picado o cepillado de escoria se deben proteger los ojos con gafas de seguridad o una pantalla transparente.

En trabajos en altura con riesgo de caída, se utilizará un cinturón de seguridad protegido para evitar que las chispas lo quemen. El cristal protector debe cambiarse cuando tenga algún defecto (por ej. rayado) y ser sustituido por otro adecuado al tipo de soldadura a realizar. En general todo equipo de protección individual debe ser inspeccionado periódicamente y sustituido cuando presente cualquier defecto.

8.9. MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DEL MATERIAL

Se debe inspeccionar semanalmente todo el material de la instalación de soldadura, principalmente los cables de alimentación del equipo dañados o pelados, empalmes o bornes de conexión aflojados o corroídos, mordazas del portaelectrodos o bridas de tierra sucias o defectuosas, etc.

En cuanto a los equipos de soldar de tipo rotativo es necesario revisar las escobillas sustituyéndolas o aproximándolas en caso necesario. En ambientes pulvígenos metálicos se debe limpiar periódicamente el interior con aire comprimido para evitar cortocircuitos o derivaciones a la carcasa.

9 PRESUPUESTO

A continuación se recogen los gastos del material del proyecto:

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Cable de potencia	30	1,19 €	35,70 €
Útiles varios	1	13,40 €	13,40 €
Bolsa electrodos	1	3,25 €	3,25 €
Portaelectrodo y pinza de masa	1	14,60 €	14,60 €
Componentes electrónicos diversos	1	4,30 €	4,30 €
Componentes reciclados	1	20,00 €	20,00 €
Componentes eléctricos para montaje	1	13,50 €	13,50 €
Consumibles varios	1	10,00 €	10,00 €
Gastos de transporte	1	35,00 €	35,00 €
TOTAL			149,75 €

Y los gastos hora/hombre

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Diseño	300	24,00€	7.200€
Investigación y desarrollo	400	24,00€	9.600€
Construcción de prototipo	150	24,00€	3.600€
Pruebas funcionales	50	24,00€	1.200€
Documentación	100	24,00€	2.400€
TOTAL	1000	24,00€	24.000€

Sólo hacer notar, que el precio en material ha sido mayor de lo esperado dado que al ser un proyecto de investigación se gastó dinero en componentes que a pesar de no haber sido utilizados, sirvieron para el aprendizaje y la optimización del diseño, en cuanto a los gastos hora hombre, obviamente la cifra es elevada al tratarse de un prototipo.

10 CONCLUSIONES

En términos generales podemos terminar quedando muy satisfechos con los resultados obtenidos:

- Hemos desarrollado una herramienta que suelda perfectamente, por un coste irrisorio (volvemos a repetir que el coste ha sido mayor al esperado debido a los gastos derivados de la investigación), y con características y control propias de una soldadora de alta gama.
- Aportamos una base teórica extensa a todo el desarrollo de este tipo de proyectos que podemos encontrar en la red.
- Damos a conocer una realidad sin duda interesante, no sacamos todo el provecho que podríamos de nuestros residuos. El reciclaje no es sin duda la mejor manera de reutilizar los materiales, ya que este proceso destruye todo valor que pudieran haber adquirido los componentes durante su fabricación. Un ejemplo claro es el valor que tienen todos los componentes de potencia, que son reducidos al coste sobre el material que contienen, cuando para llegar hasta ellos se ha debido pasar por procesos de fabricación muy costosos y tecnificados, que en la mayoría de ocasiones han supuesto un gran impacto medioambiental.
- Además hemos ampliado enormemente nuestros conocimientos, no sólo desde el punto de vista del funcionamiento de una soldadora de arco, sino de equipos electrónicos como SAls, microondas y de todo tipo de dispositivos de electrónica, ya sea por el desconocimiento de la existencia de estos como la forma en que deben implementarse y sus características técnicas.
- Por otro lado la fabricación del prototipo nos ha proporcionado una serie de habilidades derivadas de todos los problemas que surgen al realizar un montaje como éste las cuales no hubiéramos adquirido si nos hubiéramos limitado al desarrollo teórico del proyecto.

11 BIBLIOGRAFÍA

<http://www.cientificosaficionados.com/>

<http://www.semikron.com>

http://www3.telus.net/public/a5a26316/TIG_Welder.html

<http://www.dansworkshop.com/>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>

<http://www.clubse.com.ar/download/pdf/notasrevistas06/nota02.htm>

<http://www.tt.mtin.es/eu2010/es/index.html>